

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О. В. Гондляр

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 133 - Галузеве машинобудування**

**на тему: «Гумозмішувач з модернізацією механізму вивантаження»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ЛП-71мп

Фурдига Євгеній Вікторович \_\_\_\_\_

Керівник:

Сідоров Дмитро Едуардович \_\_\_\_\_

Консультант з розділу модернізація

доцент каф. ХПСМ,  
д.т.н., доц. Щербина В.Ю.

Рецензент \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2018

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність – 133 - Галузеве машинобудування

Спеціалізація - Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.В.Гондлях

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Фурдига Євгеній Вікторович

1. Тема дисертації «Гумозмішувач з модернізацією механізму вивантаження», науковий керівник дисертації Сідоров Дмитро Едуардович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «12» 11 2018 р. № 4139-с
2. Термін подання студентом дисертації 13 грудня 2018
3. Об'єкт дослідження - механізм запирання в литтєвій машині
4. Вихідні дані: максимальний об'єм камери - 270 см<sup>3</sup>; продуктивність - 4500 кг/год., робочий тиск - 0,8 МПа зусилля запирання прес-форми - 2000 кН, пластикаційна продуктивність - 45 кг/год, потужність електродвигуна гідроприводу - 10 кВт.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити. Пояснювальна записка повинна мати наступний вигляд: зміст, вступ, призначення та галузь застосування виробу який проектується, технічна характеристика базового обладнання, список конструкції базового обладнання, основні частини та принципу дії, літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації, розділ «Автоматична система управління», розділ «Охорона праці та навколишнього середовища». Література, додаток: таблиця «Перелік розглянутих патентів». Розділ «Розрахунки» має включати: розрахунки які підтверджують працездатність та основні геометричні


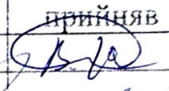

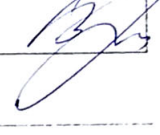


розміри: на міцність, кінематичні та параметричні, теплові, розрахунки, що підтверджують надійність. Розділ «Технологія монтажу та експлуатації»: технологія збирання складальної одиниці, технологія складання машини, змащення машини та література.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу. Технологічна схема лінії або загальний вигляд обладнання, креслення вузлів обладнання (2-3 листа), креслення модернізованих вузлів (2 листа), схема автоматизації (1 лист), плакати ілюстрацій результатів виконаних розрахунків і програм конструкторського проектування (1-2 листа)

7. Орієнтовний перелік публікацій. Дві теза на VIII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки»

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю., доцент каф. ХПСМ		 (1/5)
Монтаж та експлуатація	Борщук С.О., ст. викл. каф. ХПСМ		

9. Дата видачі завдання 01.09.2018

Календарний план			
№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Титульний листи. Завдання. Календарний план. Реферати з ключовими словами (українською та іноземною мовами). Перелік позначень, скорочень. Зміст дисертації.	13.09.2018	100%
2	Пояснювальна записка: - вступ - опис базової машини - патентно-літературний огляд - таблиця розглянутих патентів - вибір і обґрунтування модернізації	29.09.2018	100%
	- автоматизація	20.11.2018	100%
	- техніка безпеки	27.12.2018	100%
	- розробка стартап-проекту і оцінкою техніко-економічних показників модернізації,	05.12.2018	100%
	- висновки щодо модернізації,	15.11.2018	100%
3	Розрахунки	22.10.2018	100%
	-кінематичні, параметричні, теплові розрахунки, розрахунки на міцність та інші. -програма та результати розрахунків. -3D модель деталі чи вузла. -візуалізація результатів розрахунків	07.11.2018	100%
4	Технологія монтажу та експлуатації...	10.12.2018	100%
5	Загальний висновок	02.12.2018	100%
	Список посилань	03.12.2018	100%
6	Додатки (специфікації, таблиці, авторські статті, тези, доповіді, заяви на винахід, патенти, та інші досягнення)	10.12.2018	100%
	Графічна частина		100%
1	Технологічна лінія		100%
2	Загальний вигляд машини	15.09.2018	100%
3	Складальне креслення вузлів	1.10.2018	100%
4	Складальне креслення вузлів	15.10.2018	100%
5	Модернізації (2). Складальні креслення.	15.10.2018	100%
6	Розрахункова 3D модель	01.11.2018	100%
7	Результати розрахунків	01.11.2018	100%

Студент

Науковий керівник дисертації

Фурдига Є.В.

Сідоров Д.М.

## **РЕФЕРАТ**

Пояснювальна записка складається зі вступу, семи розділів, висновків і списку посилань з \_\_ найменувань. Загальний обсяг записки становить \_ сторінок основного тексту, \_ рисунків, \_ таблиць.

Об'єкт дослідження – гумозмішувач для змішування гумових сумішей.

Мета роботи – розробка і проектування, згідно з технічним завданням, гумозмішувач для змішування гумових сумішей, на основі існуючих промислових аналогів; здійснення модернізації вузла ущільнення роторів, а саме – кільцеві канавки.

При проектуванні гумозмішувача на основі аналітичного огляду науково-технічної літератури, нормативної та конструкторської документації, патентних досліджень, інженерно-технічних розрахунків, виконано таке:

- вивчено принцип роботи і конструкцію змішувача, що може входити до складу лінії, проаналізовано технічні параметри і характеристики змішувача;
- виконано ряд інженерних розрахунків, що підтверджують працездатність і надійність конструкції змішувача;
- розроблені рекомендації з монтажу та експлуатації, охорони праці та навколишнього середовища, розраховані очікувані техніко-економічні показники, а також розроблено автоматичну систему управління;
- на основі виконаних патентних досліджень модернізовано механізм вивантаження;
- отримано один патент України на корисну модель та подано заявку за модернізацією дипломного проекту.

Зазначена модернізація може бути рекомендована для впровадження у виробництво.

**ДВОРОТОРНИЙ ГУМОЗМІШУВАЧ, ЗМІШУВАЛЬНА КАМЕРА, РОТОР,  
МЕХАНІЗМ ВИВАНТАЖЕННЯ**

## **РЕФЕРАТ**

Пояснительная записка состоит из введения, семи глав, заключения и



списка ссылок с \_\_ наименований. Общий объем записки составляет \_ страниц основного текста, \_ рисунков, \_ таблиц.

Объект исследования - резиносмесителях для смешивания резиновых смесей.

Цель работы - разработка и проектирование, согласно техническому заданию, резиносмесителях для смешивания резиновых смесей на основе существующих промышленных аналогов; осуществления модернизации узла уплотнения роторов, а именно - кольцевые канавки.

При проектировании резиносмесителя на основе аналитического обзора научно-технической литературы, нормативной и конструкторской документации, патентных исследований, инженерно-технических расчетов, выполнено следующее:

- Изучены принцип работы и конструкцию смесителя, который может входить в состав линии, проанализированы технические параметры и характеристики смесителя;

- Выполнен ряд инженерных расчетов, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции смесителя;

- Разработаны рекомендации по монтажу и эксплуатации, охраны труда и окружающей среды, рассчитаны ожидаемые технико-экономические показатели, а также разработан автоматическую систему управления;

- На основе выполненных патентных исследований модернизировано уплотнения роторов кольцевыми канавками;

- Получен один патент Украины на полезную модель и подана заявка за модернизацией дипломного проекта.

Указанная модернизация может быть рекомендована для внедрения в производство.

**ДВОРОТОРНЫЙ РЕЗИНОСМЕСИТЕЛЬ, СМЕСИТЕЛЬНАЯ КАМЕРА, РОТОР, МЕХАНИЗМ ВЫГРУЗКИ**

## **ABSTRACT**

Explanatory note consists of an introduction, seven chapters, conclusions and list

of references \_\_ items. The total amount of the note is \_ pages of main text, figures \_\_, \_\_ tables.

Object of study - Rubber mixers for mixing rubber compounds.

Purpose - development and design, according to the terms of reference, Rubber mixers for mixing rubber compounds, based on existing industrial analogues; modernization of the rotor hub seals - namely ring grooves.

When designing Rubber mixers based on an analytical review of scientific literature, regulatory and design documentation, patent research, engineering calculations, is satisfied that:

- Studied the structure and principle of the mixer can be part of the line, analyzed the technical parameters and characteristics of the mixer;
- Made a number of engineering calculations proving the efficiency and reliability of the design of the mixer;
- Recommendations on installation and operation, safety and environmental calculated the expected technical and economic performance, and develop an automated system management;
- On the basis of the patent research modernized rotor seal ring grooves;
- Ukraine received one patent and a utility model application filed by upgrading diploma project..

Said upgrade can be recommended for implementation in production.

TWO ROTARY RUBBER MIXERS , MIXING CHAMBER , ROTOR, DISCHARGE MECHANISM

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЮВАЛЬНОГО ВИРОБУ .....	4

1.1	Призначення та галузь застосування змішувача.....	4
1.2	Опис конструкції, основних складальних одиниць.....	4
2	ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІШУВАЧА .....	8
3	ОПИС КОНСТРУКЦІЇ БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ, ОСНОВНІ ЧАСТИНИ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ.....	9
3.1	Конструкція та принцип дії змішувача у складі лінії.....	9
4	ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД .....	12
4.1	Патентні дослідження.....	12
4.2	Обґрунтування обранної напрямку модернізації .....	16
4.3	Літературний пошук.....	17
5	АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ.....	19
5.1	Характеристика технологічного процесу .....	19
5.2	Особливості технологічного об'єкту змішування, як об'єкту автоматизації .	21
5.3	Автоматизація технологічного процесу .....	21
5.3.1	Система автоматичного контролю .....	21
5.4	Система автоматичного регулювання.....	23
5.5	Система сигналізації .....	23
5.6	Специфікація засобів автоматизації.....	23
6	МАРКЕТИНГ START-UP ПРОЕКТ..... <b>ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.</b>	<b>7</b>
6.1	Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)..... <b>Ошибка! Закладка не</b>	



**определена.7**

6.2 Технологічний аудит ідеї проекту ..... **Ошибка! Закладка не определена.8**

6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартаппроекту .... **Ошибка! Закладка не определена.0**

6.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....42

6.5 Розроблення маркетингової програми стартаппроекту.....44

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА..... 506

7.1 Повітря робочої зони ..... 517

7.2 Електробезпека ..... 539

7.3 Промислове освітлення ..... 50

7.4 Пожежна безпека..... 55

7.5 Заходи безпеки при експлуатації устаткування ..... 573

ВИСНОВКИ..... 595

ЛІТЕРАТУРА..... **ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.6**

## ВСТУП

Унікальні властивості еластомерів визначили настільки широке їх застосування в різних галузях господарства, що за рівнем розвитку гумової промисловості в країні можна зробити висновки про стан її індустрії. Чим складнішим і досконалішим є технічний пристрій, тим більше в ньому використано гумових деталей. Так, в автомобілі типу "Камаз" застосовується більш ніж 1000 гумових виробів, в сучасному літаку АН-140 – 10-12 тис., на середньостатистичному морському судні – до 30 тис., АЕС – 50 тис. До гумової промисловості належать виробництва шин, гумотехнічних і азбестотехнічних виробів, гумового взуття, виробів для побуту .

Приготування композицій на основі полімерів та еластомерів є найбільш відповідальним й найбільш трудомістким процесом переробки гум у вироби. Для виготовлення матеріалів із заданими експлуатаційними властивостями полімер або каучук змішують з різними інгредієнтами, які вводять у суміш у певному масовому співвідношенні та визначеній послідовності.

Якість гумових виробів у більшості залежить від конструкції гумозмішувача, в якому створюється суміші. Тому актуальним питанням є розробка нових апаратів та модернізація вже існуючих конструкцій.

У цьому проекті модернізовано двошроторний змішувач, призначений для змішування каучуку з наповнювачами, сіркою та іншими компонентами для приготування гумових сумішей.

З метою збільшення продуктивності в апарат були внесені такі зміни: ширококовживані овальні ротори замінені чотирьохлопатовими, які забезпечують складний круговий рух суміші в камері гумозмішувача, це дозволяє збільшити інтенсивність процесу та зменшити час його протікання. Також модернізовано механізм вивантаження змішувача, на конструкцію якого отримано патент України та подано заявку на корисну модель.

# 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЮВАЛЬНОГО ВИРОБУ

## Призначення та галузь застосування змішувача

Для підготовки композицій на основі еластомерів широкого поширення набули двороторні змішувачі закритого типу, робочими органами яких є два паралельно розташовані ротори. Під час приготування композиції розвивається значний тиск, у результаті чого вона може витискуватися крізь кільцеві проміжки, утворені стінками боковини змішувальної камери і шийками роторів. З метою запобігання виходу композиції крізь зазначені проміжки змішувачі споряджають ущільнювальними пристроями шийок ротора.

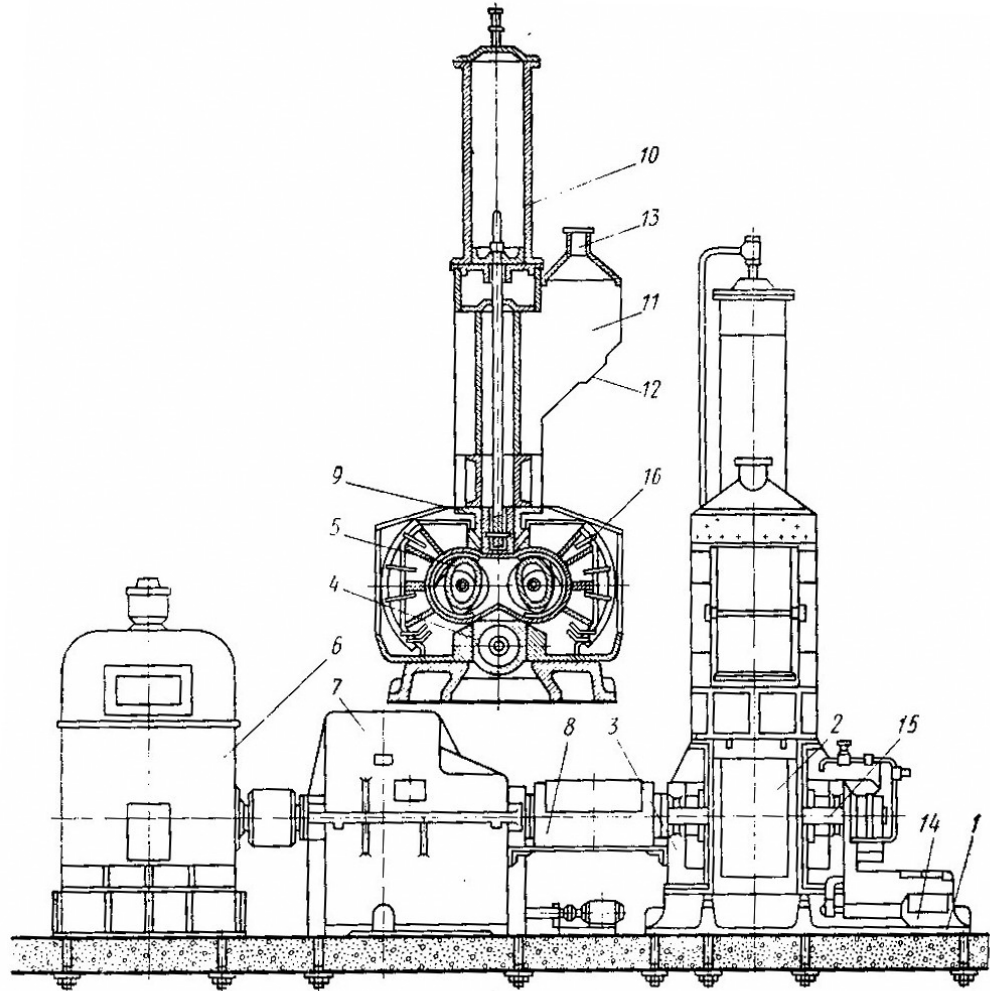
Змішувач встановлений у потоковій технологічній лінії для виробництва гумових сумішей, але може використовуватися і окремо поза лінією.

У цьому дипломному проекті модернізовано ущільнювальний пристрій шийки ротора удосконаленого змішувача.

## Опис конструкції, основних складальних одиниць

Схема гумозмішувача РСВД-270-40 зображена на Рисунок. 1.1. На фундаментній плиті 1 встановлено корпус змішувальної камери 2, що складається з двох півциліндрів, двох боковин 3 і нижнього затвору 4, утворюючих замкнену камеру. В камері розміщені два ротори 5, що обертаються назустріч один одному з різними швидкостями. Ротори встановлені на підшипниках кочення і приводяться до руху від електродвигуна 6 через блок-редуктор 7 і шарнірну муфту 8. У верхній частині змішувальної камери виконано завантажувальний отвір, який під час роботи змішувача перекривається верхнім затвором 9. Рух вантажу затвору відбувається за допомогою пневмоциліндра 10, встановленого на завантажувальному бункері 11.

Для завантаження каучуку та інгредієнтів у верхній частині камери знаходиться завантажувальний бункер 11, утворений двома стояками, заднюю та відкидною дверцятами 12. Для завантаження пом'якшувачів слугують отвори 13, розташовані у верхній частині змішувальної камери.



1 – фундаментна плита; 2 – корпус змішувальної камери; 3 – боковина; 4 – нижній затвор; 5 – ротор; 6 – електродвигун; 7 – блок-редуктор; 8 – шарнірна муфта; 9 – верхній затвор; 10 – пневмоциліндр верхнього затвору; 11 – завантажувальний бункер; 12 – відкидні дверцята верхнього бункера; 13 – отвір для завантаження пом'якшувачів; 14 – пневмоциліндр нижнього затвору; 15 – ущільнення; 16 – система охолодження

Рисунок. 1.1 – Схема гумозмішувача

Для вивантаження гумової суміші у нижній частині змішувальної камери



передбачене віконце, яке перекривається під час роботи дверцятами затвору 4 розвантажувального пристрою, що приводить до руху пневмоциліндр 14 при нерухомому штоці та поршні.

У боковинах змішувальної камери встановлено трьохлабірентне ущільнення 15 зі зворотною гвинтовою нарізкою для запобігання виходу суміші з камери.

Підшипники роторів змащуються за допомогою мастильних густим мастилом. Для створення протитиску та зменшення тертя мастило до ущільнення подається під тиском.

Температура в гумозмішувачі вимірюється термопарами, що встановлені в боковинах змішувальної камери та розвантажувальних дверцятах.

Привід роторів здійснюється від електродвигуна змінного струму напругою 6000 В і потужністю 800 кВт. Для роботи в середовищі струмопровідного пилу для головного приводу застосовують закриті герметизовані електродвигуни.

Електрообладнання забезпечує пуск та зупинку головного та допоміжного приводів гумозмішувача, а також управління механізмами в ручному та напівавтоматичному режимах.

У зв'язку з підвищенням температури під час приготування суміші стінки змішувальної камери, ротори, верхній і нижній затвори охолоджуються водою. Напівциліндри камери охолоджуються зрошенням водою зовнішніх стінок. Вода подається через систему труб і форсунок 16. Для охолодження роторів, верхнього та нижнього затворів вода подається в порожнини, що знаходяться в цих деталях.

Станина гумозмішувача відливається з сірого чавуну марки СЧ18-36 за ГОСТ 1412-85.

Змішувальна камера виготовляється зварною зі сталі Ст. 3 ГОСТ 380-94 **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]** з наплавленням на робочу зону твердого сплаву.

Ротори вилиті з вуглецевої ливарної сталі 25ЛП ГОСТ 977-88, а по гребеню лопатей наварено захисний шар з кремнемарганцевої сталі 09Г2 ГОСТ 5520-79. Таке виготовлення ротора забезпечує його міцність, не

потребуючи наварювання на гребені твердого сплаву. Це приводить до зменшення вартості роторів і збільшення терміну їх служби.

## 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІШУВАЧА

Технічну характеристику змішувача наведено в табл.2.1.

Таблиця. 2.1 Технічна характеристика машини.

Найменування параметра	Значення параметра
Вільний об'єм змішувальної камери, м <sup>3</sup>	0,27±0,1
Частота обертання роторів, об/хв (об/с): швидкохідного	40
тихохідного	33,5
Коефіцієнт завантаження змішувальної камери	0,5-0,8
Середня тривалість циклу змішування, с	80
Головний електродвигун: потужність, кВт	800
частота обертання, об/хв (об/с)	1000
напруга, В	6000
Продуктивність, кг/год (кг/с)	4500
Витрата води для охолодження гумозмішувача, м <sup>3</sup> /с	0,0028.
Витрата стисненого повітря, м <sup>3</sup> /с	0,021-0,025.
Робочий тиск, МПа: – стисненого повітря – охолоджувальної води	0,6-0,8; 0,3-0,5.
Маса, кг, не більше	60000.
Габарити, мм: довжина висота ширина	7595; 5900; 1760.

### 3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ, ОСНОВНІ ЧАСТИНИ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

#### Конструкція та принцип дії змішувача у складі лінії

Схема потокової лінії для одностадійного приготування гумової суміші з індивідуальною автоматичною розфасовкою представлена на рисунку 3.1

Гранульований каучук з бункерів 23 подають на завантажувальний стрічковий транспортер 21 через ваги 5,5. Сипучі матеріали вивантажують з бункерів 20 і зважують на вагах 5,4. Технічний вуглець з бункерів 3 зважують на вагах 5,1 і далі направляють у збірну проміжну ємність 6. Пластифікатори з ємностей 9, трубопроводів 8 і бункера 7 подаються на ваги 5,2 і далі пневмотранспортом направляються спочатку в збірні проміжні ємності 11, а потім у гумозмішувач 13.

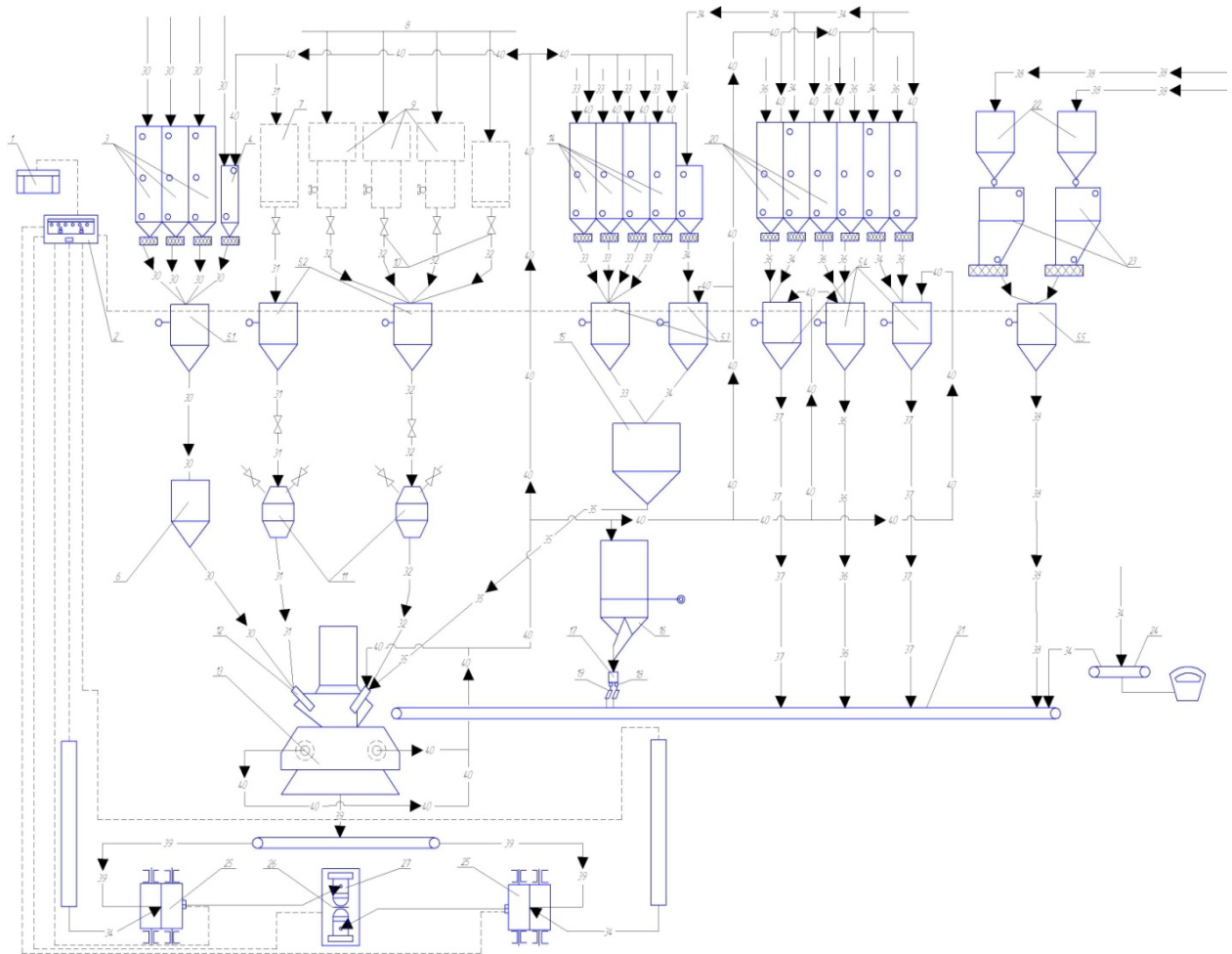
При виготовленні м'яких гумових сумішей на початку змішування в гумозмішувач вводять прискорювач, а за 20-30 хвилин до закінчення циклу змішування – сірку. Ці інгредієнти надходять з бункерів 14 через ваги 5,3 і проміжну ємність 15. При виготовленні жорстких сумішей сірку вводять на вальцях 25, встановлених за гумозмішувачем, після чого гумова суміш подається на черв'ячний прес 27. Негранульований каучук і регенерат зважують на вагах і далі направляють на завантажувальний стрічковий транспортер 21. Пил збирають у пилозбірник 16, а потім висипають в контейнер 17.

Для заснування більш глибокої системи управління при розфасовці негранульованого каучуку передбачається установка напівавтоматичних вагів. Вони включаються в спільну систему дозування як самостійний механізм або дублюють ваги з автоматичним керуванням. Напівавтоматичні ваги завантажують вручну, однак вони відрегульовані таким чином, що починають функціонувати тільки тоді, коли кількість матеріалу на вагах досягає визначеної норми.

У даній системі автоматизований не тільки процес розфасовки, але і весь



цикл змішування. Управління здійснюється спеціальним електронним обчислювальним пристроєм, елементи яких встановлені на щитах 1 і 2.



1, 2 – щити ручного та автоматичного управління; 3 – бункера для технічного вуглецю; 4 – бункер для регенованого пилю; 5,1; 5,2; 5,3; 5,4; 5,5 – автоматичні ваги; 6 – проміжна ємність; 7 – бункер для рубракса; 8 – кільцевий трубопровід для пластифікаторів (на схемі не показаний); 9 – ємності для пластифікаторів; 10 – електромагнітні вентиля; 11, 15 – збірні ємності; 12 – інжектор; 13 – гумозмішувач; 14 – бункера для сірки і прискорювачів; 16 – пилозбірник; 17 – контейнер; 18 – шлюзовий затвор; 19 – шнековий розвантажувач; 20 – бункера для сипких хімікалій; 21 – завантажувальний стрічковий транспортер; 22 – циклон; 23 – розхідні бункера для гранульованого каучуку; 24 – ваги з рухомою платформою; 25 – вальці; 26 – вихід двошарового протектора; 27 – черв'ячний прес

Рис.3.1 – Технологічна схема лінії виробництва гумових сумішей

Величина навісок, порядок зважування і весь режим змішування задають на

перфокартах, які поміщають в командно- розрахунковий пристрій. Система передбачає можливість документально і візуально контролю за процесом дозування і змішування.

Для збільшення гнучкості управління, можливості візуального нагляду за ходом технологічного процесу, вчасного попередження аварійних ситуацій система обладнується мнемосхемою технологічного процесу з сигналізацією про положення і стану роботи механізмів з попереджувальною і світловою сигналізацією, яка забезпечує швидке знаходження пошкоджених ділянок.

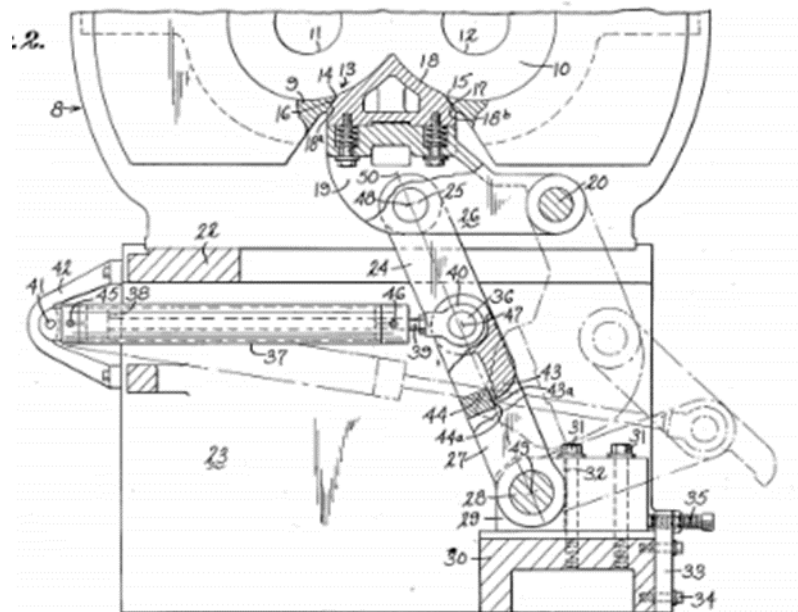
Система допускає можливість переходу на ручне керування процесами дозування і змішування. При використанні індивідуальних автоматичних систем дозування передбачається оснащення кожного гумозмішувача великою кількістю бункерів, вагів і транспортуючих механізмів. За умовами компоновки не вдається встановити біля гумозмішувача більше 20-25 бункерів для компонентів суміші, що обмежує можливості використання таких систем.

## 4 ПАТЕНТНО ЛІТЕРАТУРНИЙ ПОШУК

### 4.1 Патентний пошук

#### 5.1.1. Патент №2615689 (US)[6]

Було представлено на кресленнях показано змішувач 8 типів Банбери, що має стінки 9, що визначають змішувальні камери 10 у вигляді закслених циліндрів, у яких пара валів з сумішами на них, не показані на кресленні, встановлена з можливістю обертання в опорах 11 і 12 вал на рамі змішувача. Нижче і між кріпленнями змішувального валу, що проходить у довгостроковому напрямку, випускна отвір 13 утворюється паралельними краевими ділянками 14 і 15 стінки 9, що проходять к внутрішнім нахиленим випускним отворами 16 і 17 відповідно. Разгрузочное отверстие 13 выполнено с возможностью закрывания с помощью разгрузочной двери, которая включает в себя закрывающий дверной элемент 18, в основном, ввернутый V-образный профиль в разрезе. Дверный элемент 18 має нахилені поверхні 18а і 18b, розташовані так, щоб зв'язатись із закриваючими поверхнями 16 і 17 і забезпечити можливість встановлення дрібного встановлення дверей 18 в отвір 13, як пояснюється нижче. Разгрузочная дверь додатково містить елементи 19 для опор дверей, які встановлені на валу 20, який фіксується в рамі машини так, що дверна деталь 18 виконана з можливістю повороту між відкритим та закритим положеннями.



#### 4.1.2. Патент №2939616 (US)[7]

Камера 10 має двошаровий циліндричний тип, що складається з двох циліндрів 13 і 14, в кожній з яких встановлений лопастний ротор 15. Циліндри 13 і 14 взаємодіють друг з другом на своїх сусідніх ділянках, щоб сформувати камеру, по суті, двосторонньої циліндричної форми. В нижній частині камери та на її центральній частині передбачено випускний отвір 16. Відкриття 16 закрито на двері 17, яка встановлена з можливістю скольження для переміщення в відкритому та закритому положенні.

Дверна або закриваюча деталь 17 кріпиться ключем або іншим чином прикріплений до циліндра 18. Циліндр 18 оснащений крильцями 19, виконаними з можливістю продовження вбок по дорогах 20. Дорожки 20 передбачені на нижніх підставах 21 камери 10. Дверця 17 пристосована для переміщення в відкритому та закритому положенні за допомогою тиску потоку, введеного на протилежні кінці циліндра 18. Напруга живлення впливає на поршень 23, встановлену на поршневому штоку 24. Наружний кінець поршневого штока 24 міцно утримується в базовому й часті 26 смесителя в 25. Оскільки поршень 23, таким чином, прикріплений до довготривалому переміщенню, введення тиску живлення на одній стороні або іншому поршні 23 буде впливати на переміщення циліндрів 18 і дверей 17 вибірково в протиположні напрямки відкриття та закриття позицій.

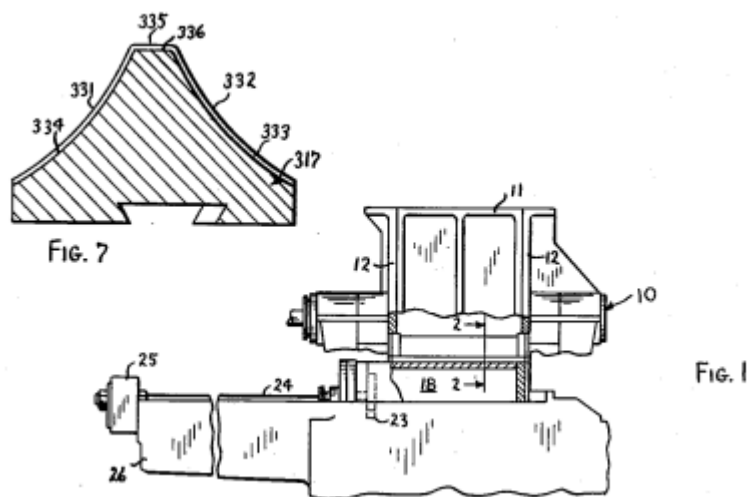


Рисунок 4. 2 Схема механізму запирання

#### 4.1.3. Патент US2615689A[8]

Змішувач для важких пластикових матеріалів, що включає подвійну



циліндричну камеру, що має лопатий ротор у кожному з його циліндрів, при цьому камера забезпечена дном відокремлювального отвору, що має ковзаючий запірний елемент для нижнього отвору, верхня поверхня вказаного елемента, що містить дві площини що зустрічаються по лінії, яка розташована, по суті, в центральній частині камери, а поверхні, що нахиляються зверху від бічних країв отвору до центру, кожна з вказаних поверхонь на закриваючому елементі є, по суті, тангенсною до контуру сусіднього циліндра, і вказаний гребінь лежить між лопаті ротора і в горизонтальній площині проміжної площині роторів і нижньої частини циліндрів.

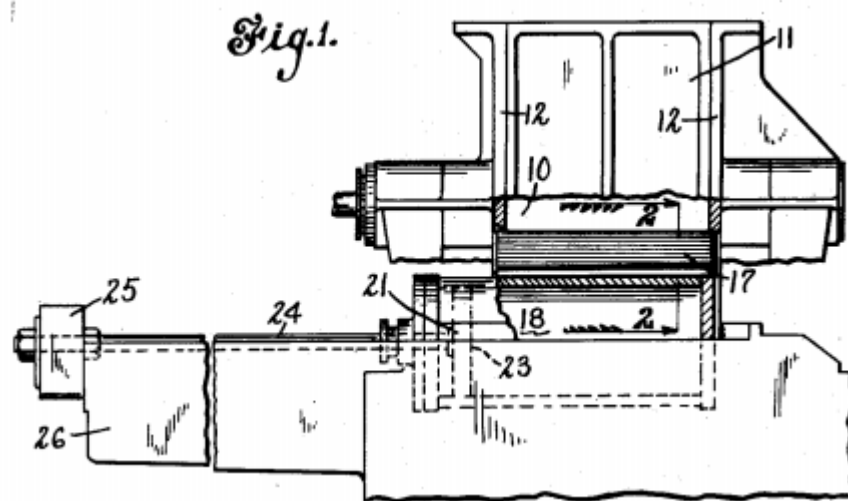


Рис4.3 Схема механізму запирання

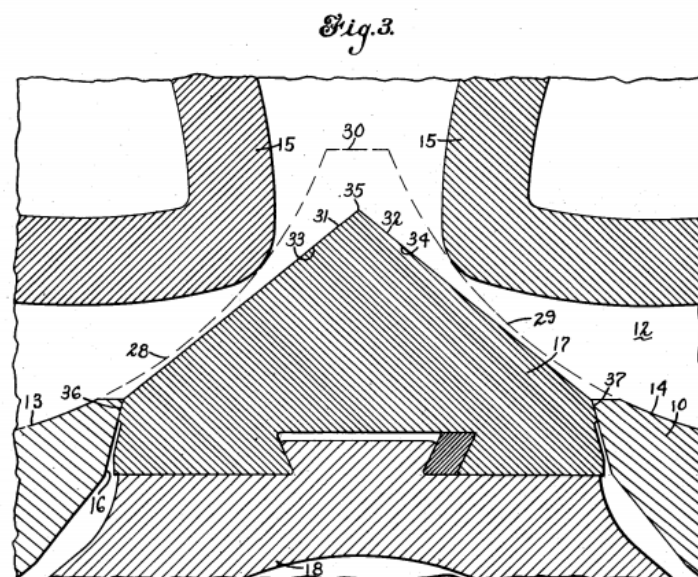


Рис 5.4 Горбуша

#### 4.1.4. Патент US2299502A[9]

Засувний елемент або двері показано в закритому положенні на рис.5. Коли його переміщують у відкрите положення, як показано на цьому малюнку, пружина 33 запобігає переміщенню циліндра 28 з циліндром дверцят під час початкова частина руху відкривання, частина знаходиться в положенні, показаному на Фіг.4. У цьому положенні скошені поверхні мають таке відношення, що циліндр і закріплений елемент 16, прикріплений до неї, трохи злегка злетіли від їх розташувань.

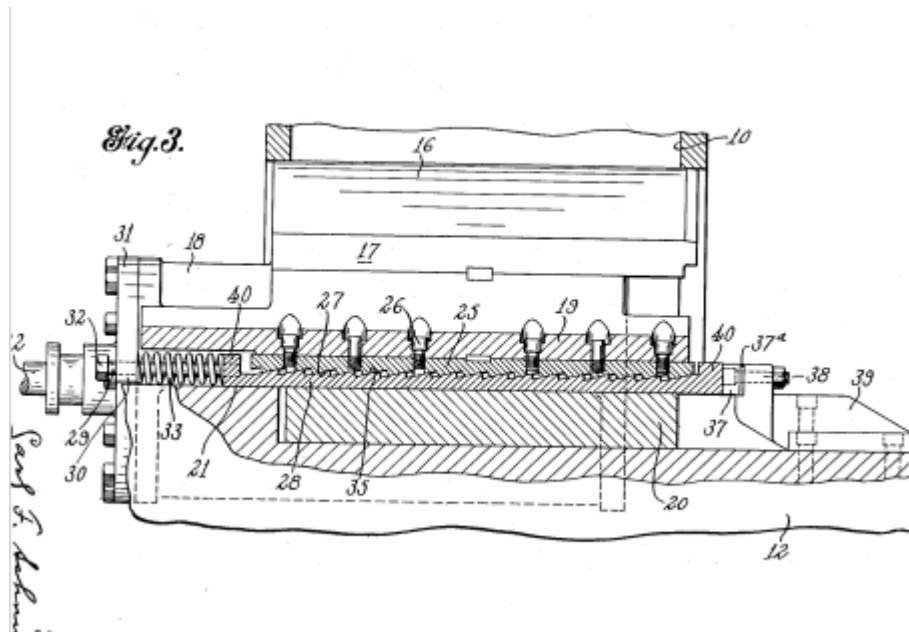


Рис 5.5 Механізм вивантаження в закритому положенні

#### 4.1.5. Патент US2918905A[7]

Робочі засоби для рухомого елемента, причому згадані засоби включають в себе циліндр і поршень, один з яких фіксований, а інший з'єднаний з рухомим елементом, циліндр має головку з одного кінця та кінцеву стінку на іншому кінці, поршень стержень, приєднаний до вказаного поршня і простягається без циліндра через його головку, прохід усередині вказаного поршневого стрижня і простягається через його внутрішній кінець для зв'язування з циліндром на дальній стороні поршня, другий прохід всередині вказаного поршневого штанги, що зв'язується з циліндр, який примикає до поршня на його бічній поверхні через отвір у стінці поршневого стрижня, перевіряти засоби, передбачені на кожному кінці циліндра, щоб обмежити зв'язок між згаданими проходами та відповідними кінцями циліндра, коли поршень прилягає до кінці циліндра в його рухах, засоби

перевірки в кінці циліндра, віддаленого від голови, що включає корму, прикріплену до внутрішньої сторони кінця циліндра та виступає у якому вмонтований чековий елемент, який ковзання монтується на вказаний стовбур і пристосований для зачеплення внутрішнього кінця поршневого стрижня і обмеження його відкриття в; циліндр та пружину, що оточує такий стовбур і діє між кінцем циліндра і упором, щоб спонукати останню до поршня.

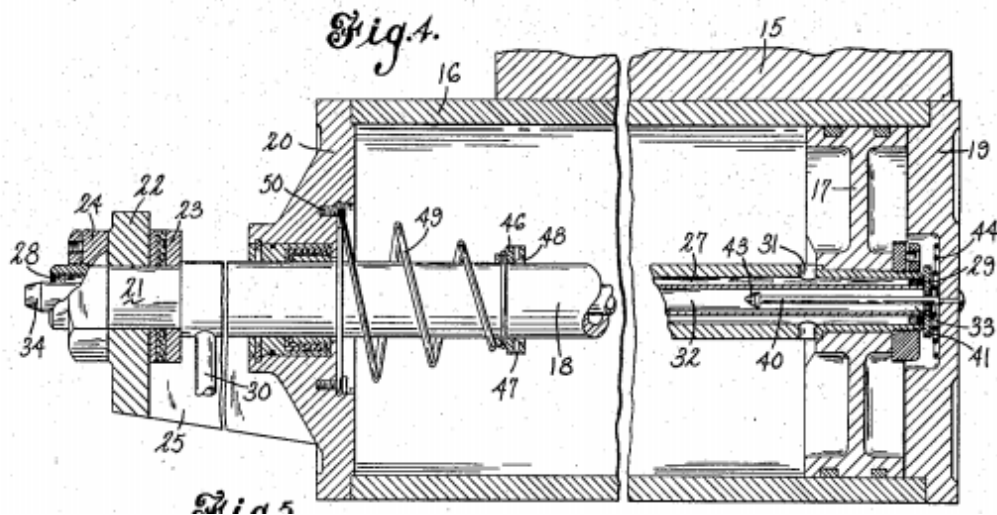


Рис 5.6 Пристрій вивантаження

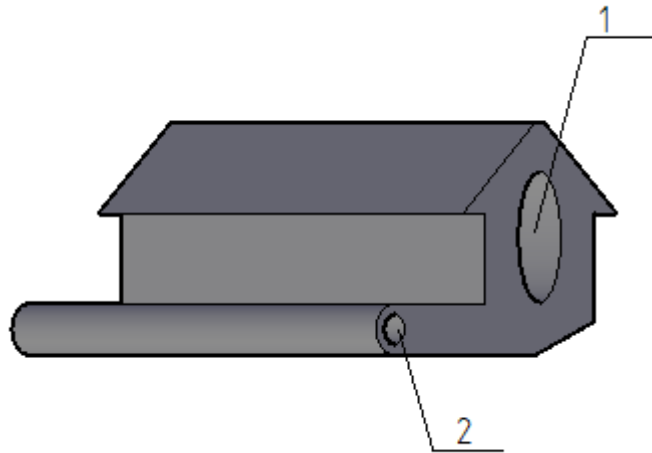
## 4.2 Обґрунтування обраної напрямку модернізації

Під час літературно-патентного пошуку з'явилася ідея створити свій патент на основі розглянутих конструкцій.

Сутність корисної моделі пояснюється на Рис 5.2.1 показано вигляд загальний.

Важіль вивантаження гумозмішувача має полегшувальний отвір 1. Полегшувальний отвір 1 виконаний у найбільш широкій частині важеля і, таким чином, це не погіршує експлуатаційних властивостей важеля вивантаження гумозмішувача. Проте кількість металу, що використовується для виготовлення важеля вивантаження гумозмішувача може бути суттєво зменшено: це забезпечує зменшення витрат при виготовленні до 27,3%. Полегшувальний отвір може бути використаний для закріплення строп при монтажі, ремонті та в інших випадках виконання вантажних та транспортних робіт.

Важіль обертається навколо осі, що входить в отвір 2. Таким чином, виконання полегшувального отвору зменшує вимоги щодо необхідної потужності приводних механізмів обертання важеля вивантаження гумозмішувача.



1 – полегшувальний отвір; 2 – отвір для осі обертання.

Рис 4.2.1

#### 4.3 Літературний пошук

1. Басов Н.И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов / Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. — М. : Химия, 1986. — С. 418, рис.10.1[2]

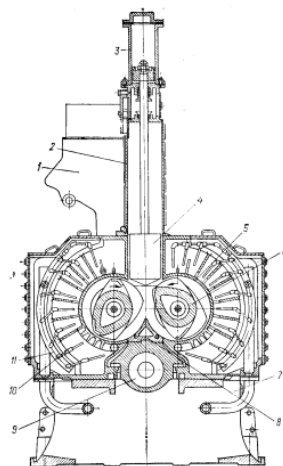
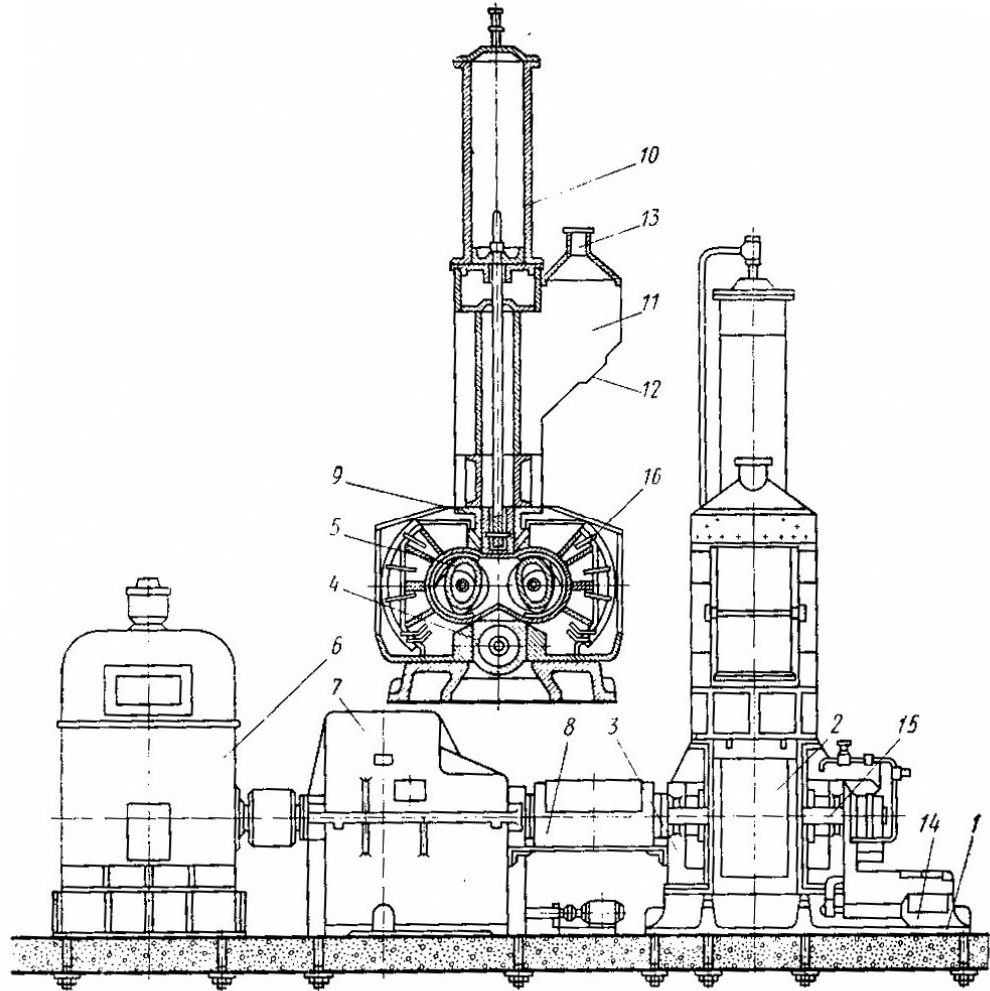


Рис 4.3.1 Загальний вигляд роторного змішувача

1- Завантажувальна горловина; 2- Відкидні дверцята; 3- Пневмоциліндр; 4- верхній затвор; 5- корпус змішувальної камери; 6- ротор; 7 -фундаментна плита;

8- горбуша; 9- механізм вивантаження; 10- патрубки системи охолодження; 11- колектор системи охолодження.

2. Рябинин Д. Д. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей / Д. Д. Рябинин, Ю. Е. Лукач. — М.: Машиностроение, 1972. — 272 с.[12]



1 – фундамента плита; 2 – корпус змішувальної камери; 3 – боковина; 4 – нижній затвор; 5 – ротор; 6 – електродвигун; 7 – блок-редуктор; 8 – шарнірна муфта; 9 – верхній затвор; 10 – пневмоциліндр верхнього затвору; 11 – завантажувальний бункер; 12 – відкидні дверцята верхнього бункера; 13 – отвір для завантаження пом'якшувачів; 14 – пневмоциліндр нижнього затвору; 15 – ущільнення; 16 – система охолодження

Рис. 4.3.1 – Схема гумозмішувача

### 5.1 Характеристика технологічного процесу

Змішувач (рис 6.1) являє собою апарат закритого типу із самоочисними півкамерами. Робочими органами змішувача є ротори і камера, що складається з двох напівциліндрів і двох боковин, що замикається в нижній частині затвором, а у верхньої – вантажем верхнього затвора.

Ротори розташовані в камері паралельно горизонтальній площині і обертаються назустріч один одному з однаковою швидкістю. При роботі виступи робочої поверхні одного ротора входять у западини іншого ротора.

Процес зсуву здійснюється між робочою поверхнею ротора і нерухомою стіною змішувальної камери, а також між виступами роторів.

У місцях виходу роторів зі змішувальної камери встановлені торцеві контактні ущільнення.

Конструкція ущільнень запобігає потрапленню підгорілої маси назад у змішувальну камеру.

У верхній частині камера зтикаються з завантажувальним бункером і верхнім затвором, а в нижній частині – з розвантажувальним пристроєм ковзного типу. Привід розвантажувального пристрою – гідравлічний.

Привід роторів здійснюється від електродвигуна з регульованою кількістю обертів через блок-редуктор.

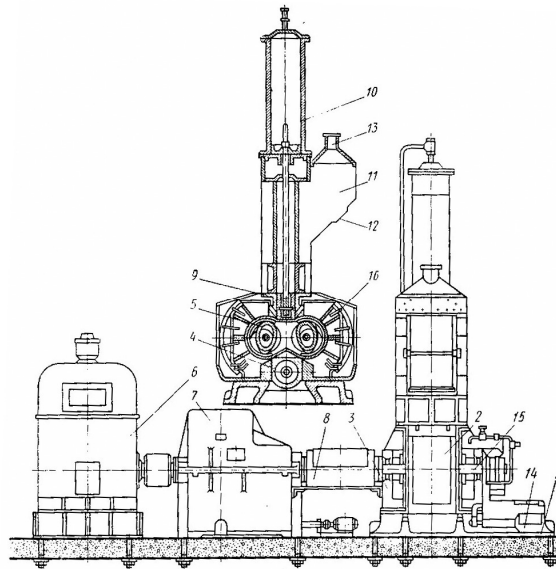
Матеріал робочої частини роторів – кременемарганцева сталь без наплавлення.

Опори роторів – дворядні сферичні роликопідшипники.

Внутрішня поверхня змішувальної камери наплавлена твердим сплавом HRS 50...60.

Півкамери виконані з товстостінних обичайок зі свердлиними каналами.

У півкамери і ротор подається вода для охолодження. Привод верхнього затвора і завантажувальних дверцят – пневматичний.



1 – фундаментна плита; 2 – корпус змішувальної камери; 3 – боковина; 4 – нижній затвор; 5 – ротор; 6 – електродвигун; 7 – блок-редуктор; 8 – шарнірна муфта; 9 – верхній затвор; 10 – пневмоциліндр верхнього затвору; 11 – завантажувальний бункер; 12 – відкидні дверцята верхнього бункера; 13 – отвір для завантаження пом'якшувачів; 14 – пневмоциліндр нижнього затвору; 15 – ущільнення; 16 – система охолодження

Рисунок 5.1 – Ескіз роторного змішувача

Передбачено установку ручного насоса для аварійного розвантаження змішувача.

Система змащення передбачає:

- примусове, рідке змащення підшипників роторів;
- централізоване, консистентне змащення тертьових поверхонь;
- змащення ущільнень роторів;
- автономну систему змащення блок-редуктора.

Головний електродвигун – синхронний, закритий, продувний, з фазним ротором. Вентиляція електродвигуна – примусова.

Схема керування механізмом змішувача передбачає:

- роботу механізмів змішувача при ручному керуванні;
- можливість роботи в автоматичному режимі (вимагає додаткового устаткування);



- автоматичне зняття тиску з вантажу верхнього затвора при підвищенні тиску – при температурі вище нормальної.

Усі комплектуючі електроустаткування, що комплектує апаратура повинні відповідати специфікаціям і експлікаціям.

Все електроустаткування й апаратура керування, що встановлюється на машині, у щитах керування повинні відповідати термінам гарантій і технічних вимог заводів виготовлювача.

## 5.2 Особливості технологічного об'єкту змішування, як об'єкту автоматизації

В схемі автоматизації необхідно передбачити контур автоматичного регулювання температури води для охолодження та температури пів камери і роторів. Крім того, необхідно забезпечити індикацію та реєстрацію параметрів, що контролюються, можливість дистанційного керування процесом, наявність засобів технологічної сигналізації та захисту.

## 5.3 Автоматизація технологічного процесу

### 5.3.1 Система автоматичного контролю

В схемі автоматизації процесу змішування контролюються наступні параметри:

- контури 5 та 6 контролюють витрату пара і води. Контури складаються із звужувального пристрою ДК6-50 (поз. 5-1, 6-1), перетворювача типу 13ДД-11 (поз. 5-2, 6-2) та контролюючого показуючого приладу типу ПВ4.2Е (поз. 5-3, 6-3);

- контури 1, 2, 3 та 4 контролюють температуру в боковинах і днищі камери. Контури складаються з термоелектричного термометру типу ТХК-0379-01 (поз. 1-1, 2-1) і типу ТХК-0479 (поз. 3-1, 4-1) та контролюючого і регулюючого приладів типів КСП-3П (поз. 1-2, 2-2, 3-2), ТСМ-6097 (поз. 4-2);

- Контролювання тиску пари і води. Контури складаються з технічного

показуючого манометру ОБМ1-100 (поз. 7-1,8-1).

Таблиця 6.1

№ з/п	Найменування стадії процесу, місце заміру інформації	Найменування параметра, що регулюється чи контролюється	Норми технологічного режиму та допустимості відхилення	Вимоги до рівня автоматизації(контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Температура в боковинах і днищі камери	Температура	120-180°C	Контроль, сигналізація
2, 3,4	Температура в боковинах і днищі камери	Температура	120-180°C	Контроль, регулювання,
5	Витрата пари і води	Витрата	0,4 МПа	Контроль, сигналізація
6	Витрата пари і води	Витрата	0,4 МПа	Контроль
7,8	Подача пари і води	Витрата	0,4 МПа	Контроль, сигналізація

## 5.4 Система автоматичного регулювання

Схема автоматизації включає один регулюючий контур. Регулювання температури в апараті здійснюється шляхом зміни положення вентиля подачі води у випадку перегріву апарату або вентиля подачі пари у випадку охолодження апарату. Сигнал з термоелектричного термометру типу ТХК-0479 (поз. 2-1) поступає в регулятор КСП-3П (поз. 2-3), де порівнюється з заданим значенням температури і в залежності від різниці між поточним і заданим значеннями температури формує сигнал, який поступає на об'єкт керування через посилювач, регулюючий орган ПРЗ.3 (поз. 2-4), та виконавчі механізми МКС2 (поз. 2-5, 2-6) подачі пари або води відповідно.

## 5.5 Система сигналізації

Для візуального нагляду за роботою приладів теплового регулювання роторного змішувача, на щиті автоматизації встановлені сигнальні лампочки (HL1-HL8) типу ЛС-3, дзвінок НА1, за допомогою яких оператор лінії візуально має змогу наглядати за ходом регулювання режимів та, у випадку необхідності, оперативно впливати на протікання процесу. Сигналізується відхилення температур та витрат води та пари від заданих верхніх і нижніх меж в контурах.

## 5.6 Специфікація засобів автоматизації

В контурі 2 використовується пускова апаратура: станція дистанційного керування ПП12 та магнітний пускач типу ПМЕ122.

Таблиця 5.2 – Специфікація устаткування, матеріалів і виробів

Ном. поз. по схе-мі	Найменування параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце установки	Найменування прибору	Тип, марка прибору	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-1, 2-1	Температура середовища	Трубопровід	120°C	По місцю	Термоелектричний перетворювач	ТХК-0379-01	2	“Термоприлад” м.Челябінськ
1-2, 2-2, 3-2	Температура середовища	Трубопровід	120°C	На щиті	Вторинний показуючий та реєструючий прилад	КСП-3П	3	“Термоприлад” м.Челябінськ
2-3	Температура середовища	Трубопровід	180°C	На щиті	Регулятор температури	РП250 Д-01	1	“Львів-прилад”
2-4	Температура середовища	Трубопровід	120°C	На щиті	Ключ керування	ПМЕ-122	1	“Львів-прилад”

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-5, 2-6	Керування вентилями	Трубо- провід	-	По місцю	Виконав- чий прилад	ЗЛ213 5	2	“Львів- прилад”
3-1, 4-1	Темпе- ратура середо- вища	Трубо- провід	180°С	По місцю	Термо- електрич- ний перетво- рювач	ТХК- 0479	2	“Термо- прилад” м. Челя- бінськ
4-2	Темпе- ратура середо- вища	Трубо- провід	120°С	На щиті	Потенціо- метр	ПСМ- 6097	1	“Термо- прилад” м. Челя- бінськ
5-1, 6-1	Витрата середо- вища	Трубо- провід	0,4 МПа	По місцю	Звужую- чий пристрій	ДК6- 50	2	Луцький приладо будів- ний завод
5-2, 6-2	Витрата середо- вища	Трубо- провід	0,4 МПа	По місцю	Переда- вальний перетво- рювач	13ДД- 11	2	“Тізо- прилад” м. Москв а
5-3, 6-3	Витрата середо- вища	Трубо- провід	0,4 МПа	На щиті	Вторин- ний пневма- тичний прилад	ПВ4.2 Е	2	“Тізо- прилад” м. Москв а

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7-1, 8-1	Тиск	Трубо- провід	0,4 МПа	На щиті	Показуюч ий манометр	ОБМ1 -100	2	“Манометр” м.Москва
HL1 ..... HL10	Сигналі- зація	Дистан- ційне керу- вання	-	На щиті	Сигнальні лампочки	IP-67	8	"РВМ Електро " м.Москва
HS	Включе- ння живлен- ня електро- двигуна	-	-	На щиті	Кнопка управлін- ня	XB2- BA31	1	"Техно- тон" м.Київ
МП1	Вкл./ викл живлен- ня електро- двигуна	Трубо- провід	-	По місцю	Магніт- ний пускач	ПМТ- 4	2	“Електр о- прилад” г.Талін

## 6 МАРКЕТИНГ START-UP ПРОЕКТ

### 6.1 ОПИС ІДЕЇ ПРОЕКТУ (ТОВАРУ, ПОСЛУГИ, ТЕХНОЛОГІЇ)

Головною ідеєю являється виготовлення високоякісної продукції, а саме реліну чи лінолеума. Висока якість забезпечується за рахунок того що механізм компенсації прогину валка вмонтовується в сам валок і дає змогу регулювати рівнотовщинність по всій ширині полотна.

Головною цільовою аудиторією являються: будівельні компанії, фармакологічні клініки, спортивні заклади та підприємства.

Таблиця 1

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виготовлення високоякісних гумових виробів	Товари для побуту	Вища якість виготовленої продукції
	Тренажерні зали	
	Доріжки для бігу	
	Покриття для сходів	
	Покриття для даху	
	Суспільне призначення	
	Технічне призначення	
	Медичне призначення	

Головною відмінністю виготовлення даної продукції є забезпечення рівнотовщинності полотна по всій його довжині та ширині.



## 6.2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ ІДЕЇ ПРОЕКТУ

В даному розділі було проведено технологічний аудит в результаті якого було визначено можливість реалізації даного проекту.

Технологічна здійсненність ідеї проекту занесено до таблиці 2.

Таблиця 2

№	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Виготовлення покриття для підлоги	Виготовлення на гумозмішувачах	Технологія присутня на ринку але потребує доробки	Згідно проведеним розрахункам технологія має перспективи розвитку та є доступною
2	Виготовлення покриття для даху	Виготовлення на гумозмішувачах	Технологія присутня на ринку	Технологія доступна
Для реалізації даного проекту було обрано технологію №1				

Із таблиці 2 робимо висновок, що розвиток проекту має перспективи за рахунок удосконалення технології виробництва продукції, яка забезпечить вищу якість продукції.

## **6.3 АНАЛІЗ РИНКОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАПУСКУ СТАРТАППРОЕКТУ**

Аналіз присвячений продукції маркетингового середовища яку можна охарактеризувати як промислове виробництво.

Товар, якому присвячено аналіз маркетингового середовища можна описати як:

- Розглядаються три рівні товару, його особливості. Товар за задумом: варіативність конструкцій та матеріалів. Товар у реальному виконанні: заздалегіть виготовлена продукція. Товар з підсиленням: фото продукції з розміщенням її на біг-бордах та рекламою його в мережі Інтернет.

- Ринкова історія товару: з популяризацією і розвитком нових технології і дизайнерських ідей. Велику популярність почали набирати товари, які більш відрізняються один від одного.

- Визначення етапу життєвого циклу товару: стадія зрілості (виходячи з практичного завдання 2).

Узагальнено розглядається динаміка розвитку галузі:

- Основні оператори ринку: 1) Київ Гума; 2)Rosava; 3) Каучук 4) УНІТЕХ

- Економічні та соціальні тенденції ринку: Ринок можна описати як стабільний та такий, що потребує вливання нових сил та ідей.

- Характеристики ринку: ринок даної продукції в Україні є великим та має тенденцію до подальшого збільшення, а більшість його споживачів розміщені в великих містах України або за кордоном. Конкуренція на цьому ринку велика, але використання нових ідей суттєво її зменшує.

Організацію системи менеджменту можна побачити на рис.1

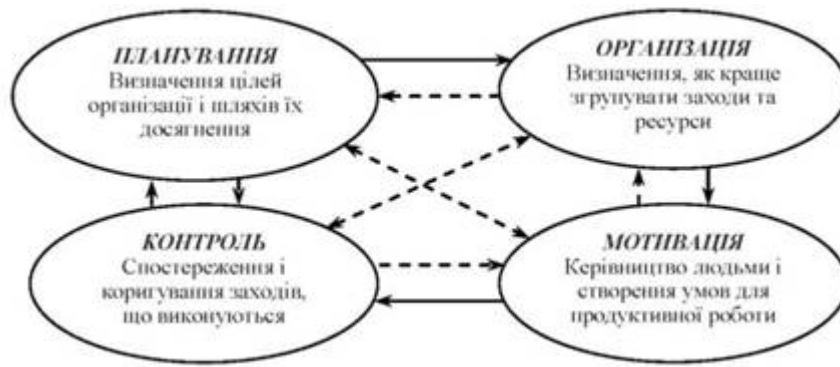


Рис.1 Система менеджменту

Ресурси які необхідні:

Фінансові – держ. кредит, вкладення інвесторів.

Виробничі та складські потужності – придбання лінії виробництва.

Технології – удосконалення існуючих.

Інформаційні – використання послуг рекламних агентств.

Трудові – постійні професійні працівники (75%) та наймані (25%).

Інтелектуальні – людські ресурси.

Правові – всі продукти і розробки охороняються законами про авторське право.

Проаналізувавши ринок виробництва лінолеуму в Україні за останні роки рис. 6.2 та рис. 6.3, можемо зробити висновок що дана продукція має великий попит.

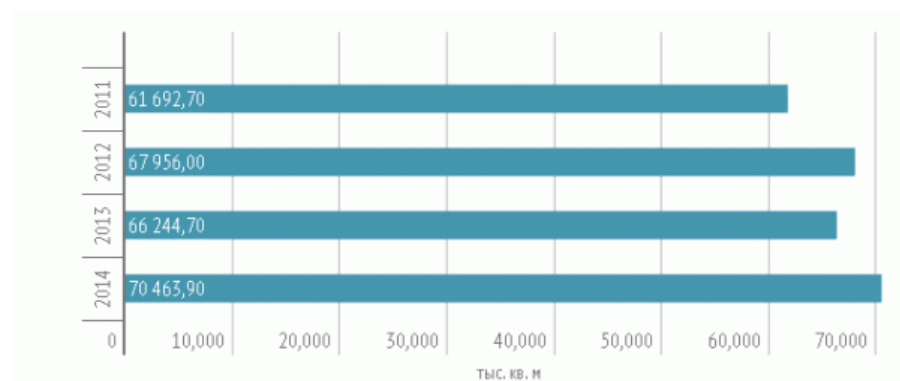


Рис. 6.2 Виробництво лінолеуму в Україні

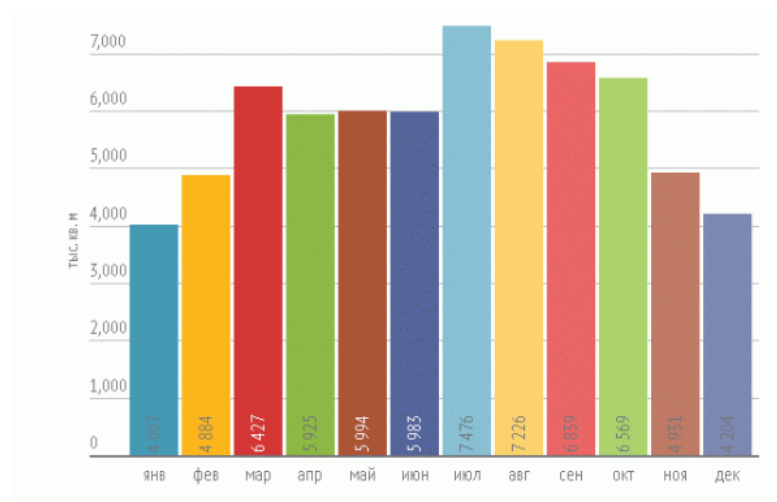


Рис. 6.3 Виробництво лінолеуму в Україні на 2016 рік

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту наведено в таблиці 3

Таблиця 3

<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
Безпека	Промислові виробництва, фармацевтичні компанії, спортивні заклади, будівні компанії	Ціна Якість Різноманіття в виборі продукції	До продукції: Співвідношення ціна/якість До компанії Швидкість, якість виробництва та доставки

Визначаємо основні фактори можливостей та загроз:

1. внутрішнього маркетингового середовища підприємства
2. фактор політико-правового середовища
3. фактор економічного середовища
4. фактор науково-технічного середовища
5. фактор природного середовища
6. вплив споживачів
7. вплив постачальників
8. вплив конкурентів

Фактори внутрішнього маркетингового середовища підприємства занесено

Внутрішні фактори	Вплив фактору		Симптоми проблеми/можливості
	Можливості	Загрози	
Цільовий ринок	Високі ціни на кінцевий продукт	Потребує великих вкладів для входу на ринок	Збільшення кількості клієнтів за рахунок зменшення цін порівняно з конкурентами.
Територіальне базування компанії	—	Потребує велике приміщення	Відсутня можливість перенести офіс компанії будь-коли і будь-куди
Професійно-кваліфікаційний склад працівників	Не має потреби в великій кількості висококваліфікованих працівників	Високо-кваліфіковані кадри потрібні і мають бути добре забезпечені	За рахунок загальної економії на кваліфікації більшості співпрацівників забезпечити високі з/п кваліфікованим кадрам
Характер устаткування	Виробництво більш якісної продукції	Вихід із ладу агрегату	Великі початкові затрати.

Фактори політико-правового середовища занесено в таблицю 5

Таблиця 5

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Антимонопольні закони	Неможливість захоплення всього ринку однією компанією	Неможливість захоплення моєю компанією цілого ринку	Завжди наявне місце на ринку для розвитку нових представників, можливість зміни роботи ринку за рахунок нових технологій.
Міжнародні відносини з іншими країнами	Україна перебуває в гарних відносинах з більшістю країн	Ринки деяких країн закриті для збуту	Переміщення офісу в інші країни, зацікавленість інвесторів з інших країн.
Допомога держави.	Нові споживачі	-	Збільшення кількості кінцевих споживачів продукції
Закон України про рекламу	Дозволяє використовувати рекламу для додаткового доходу	-	Шляхом рішення може бути пошук недосконалостей і подальше їх використання.
Податки на капітал з закордону	-	Може відштовхнути інвесторів з інших країн	Рішенням може бути перекладання частини податків на себе.
Податкова система	Покращення матеріального стану країни	Грошові втрати	Пошук альтернативних доходів. Можливе перенесення в іншу країну.

Фактори економічного середовища занесено в таблицю 6

Таблиця 6

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Висока середня ціна, встановлена на ринку	Збільшує прибуток для компанії та дає змогу оперувати цінами.	Низька ціна може відштовхнути клієнта.	Можливість збільшувати ціну без значного збитку з боку клієнтів. Гарна реклама для приваблення клієнтів.
Платеспроможна цільова аудиторія	Велика кількість можливого прибутку від замовників	Фінансова неспроможність населення	Замовник готовий платити великі суми.
Висока конкуренція	Після зайняття свого місця в індустрії, впевненість в своїх силах.	Велика кількість конкурентів	Потрібно сконцентруватися на рекламі. Залежність від великих компаній
Високий вхідний капітал	Отримання держ. кредиту	Необхідність в великій кількості інвесторів	високий вхідний капітал
Термін окуплення	-	-	В залежності від кількості замовлень

Фактори науково-технічного середовища занесено в таблицю 7



Таблиця 7

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Використання революційних ідей.	Новітні технології, менш затратні та більш продуктивні.	Постійне оновлення та покращення технологічного комплексу	Використання заощаджених коштів для оновлення.
Дорога автоматизація агрегату	Вища якість продукції	Висока ціна для купівлі готової системи	Аналіз ринку розробка нових конструкцій.
Постійний розвиток технологій.	Покращення роботи з її оновленням	Додаткові витрати для оновлення технологій	Може покращити якість

Фактори природного середовища занесено в таблицю 8

Таблиця 8

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Природні катаклізми.	Залежить від природних проблем	Вихід із ладу електромережі	Необхідність встановлення додаткових генераторів
Зміна клімату	-	Затрати на комунальні послуги.	Покращення технологій виготовлення виробів
Забруднення навколишнього середовища	Попит на матеріал відповідного характеру	Встановлення додаткових очисних фільтрів	Інвестування в розвиток «чистих» технологій.

Фактори впливу споживачів занесено в таблицю 9

Таблиця 9

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Зацікавленість споживачів в продукті.	Збільшення доходу	Велика кількість конкурентів	Зацікавленість як замовників так і споживачів кінцевого продукту веде до збільшення діапазону цін.
Великий попит на товар	Завжди є замовники	Конкуренція	Покращення реклами.
Безпосередній контакт з споживачем	Корегування якості продукту	Відмова від виробу	Пряме покращення продукції з огляду на споживача.

Фактори впливу постачальників занесено в таблицю 10

Таблиця 10

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Постачальник матеріалу	Збільшення випуску готової продукції	Втрати по виготовленню продукції	Заручитися підтримкою декількох постачальників
Електроцентраль	Альтернативні джерела енергії	Відмова роботи всієї мережі	Зменшення загальної кількості використовуваної енергії.

Фактори впливу конкурентів занесено в таблицю 11

Таблиця 11

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Велика конкуренція на ринку	Підвищення ціни на продукт	Витіснення з ринку. Втрата клієнтів.	Покращення продукту, збільшення частки реклами.
Висока якість	Перевага для замовника, порівняно з іншими конкурентами	-	Зменшення ціни за рахунок використання нових технологій.
Більший час на ринку	Аналіз ринку для уникнення помилок конкурентів	Повільний розвиток	Закріплення на ринку у ролі лідерів

Особливості конкурентного середовища:

1. Тип конкуренції – олігополія
2. За рівнем конкурентної боротьби – національна
3. За галузевою ознакою – внутрішньогалузева
4. Конкуренція за видам товарів – товарно-родова  
товарно-видова  
між бажаннями
5. За характером конкурентних переваг – нецінова
6. За інтенсивністю – не марочна

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером наведено в таблиці 12

Таблиця 12

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари замітники
	Київ Гума; ROSAVA; Каучук; UNITEX	Заводи з виробництва лінолеуму / реліну	Компанії з виробництва синтетичного каучуку та різних домішок	Промислові виробництва, фармацевтичні компанії, спортивні заклади	Паркет, ламінат, в деяких випадках не можливо замінити
Висновки: так як в даній галузі уже присутні компанії які мають великий вплив на ринку, вихід на даний ринок буде важким але реальним, оскільки жодна з компаній не використовує подібної технології виробництва до запропонованої а отже не може виготовляти настільки якісну продукцію. Клієнтська база є дуже великою так як в деяких випадках дана продукція просто не замінна.					

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності наведені в таблиці 13

Таблиця 13

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Ціна	Можливість варіювати ціну за рахунок прибутку
2	Якість кінцевого продукту	За рахунок впровадження нової технології якість продукту збільшується
3	Якість компонентів	Більшість компаній економлять на цьому аспекті
4	Швидкість виробництва	Майже не відрізняється
5	Реклама	Важлива для швидкого виходу на ринк

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін наведено в таблиці 14

Таблиця 14

№	Фактор конкурентоспроможності	Рейтинг товарів конкурентів порівняно з МР (GumaPro)						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Ціна			♠	♦ ♥	♣		
2	Різноманіття кольорової гами			♥	♠ ♣	♦		
3	Якість кінцевого продукту	♣ ♠ ♥	♦					
4	Швидкість виробництва			♥	♦ ♠	♣		
5	Якість компонентів		♣ ♥	♠	♦			
6	Якість каучука			♠	♣ ♦ ♥			
7	Реклама			♠	♦ ♥	♣		
8	Різноманіття продукції			♠	♥ ♣	♦		
9	Доставка		♦	♠	♥		♣	
10	Можливість індивідуального замовлення				♣ ♠	♥	♦	
11	Металоемність конструкції	♣ ♥ ♠	♦					
12	Технологія виробництва	♠ ♣	♥ ♦					

♣ - Київ Гума

♦ - Rosava

♥ - Каучук

♠ - УНІТЕХ

Виходячи з даної таблиці маємо:

Слабкі сторони: можливість індивідуального замовлення та доставці

Сильні сторони: технологія виробництва, металоемність конструкції та якість кінцевого продукту

З цих даних робимо висновок, що підприємство має непогані перспективи розвитку, при необхідному фінансуванні а якщо зважати на нову технологію виготовлення, за допомогою якої зменшується металоємність конструкції та збільшується якість кінцевого продукту. При зменшенні металоємності конструкції агрегату, зменшується кількість запланованих ремонтів та їх складність, що дає змогу виготовляти більший об'єм продукції.

Формулювання управлінської проблеми. SWOT- аналіз подано в таблиці 15

Таблиця 15

<i><b>Сильні сторони</b></i>	<i><b>Слабкі сторони</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Використання новітніх технологій</li> <li>-Порівняно не висока ціна готового продукту</li> <li>-вища якість продукції</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Велика кількість найманих працівників для співпраці</li> <li>-досвід</li> <li>-необхідність великого приміщення для роботи</li> <li>- великий стартовий капітал</li> <li>- велика кількість конкурентів</li> </ul>
<i><b>Можливості</b></i>	<i><b>Загрози</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Привабливість застосування нових технологій, що пришвидшує виготовлення продукту.</li> <li>-Універсальність застосування технології в будь-якій країні</li> <li>-Великий діапазон для встановлення цін на продукт, що веде до збільшення прибутку</li> <li>-вихід на провідні позиції</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-у великих підприємств є своя база клієнтів яку необхідно буде переманити до себе</li> <li>- необхідність в капітало-вкладеннях</li> </ul>

Управлінська проблема: проблема пошуку клієнтів, пошук інвесторів.

Альтернативні шляхи вирішення управлінської проблеми/ реалізації управлінської можливості:

1. Підвищення якості та кількості реклами.
2. Встановлення зручного цінового діапазону.
3. Великий простір для реклами.

4. Отримання держ. кредиту

5. Залучення інвесторів

Слабкі та сильні сторони альтернативних шляхів подано в таблиці 16.

Таблиця 16

Альтернативи	Слабкі сторони	Сильні сторони
Підвищення якості та кількості реклами	Збільшення витрат на рекламу	Конкурентна перевага, збільшення кількості клієнтів.
Встановлення зручного цінового діапазону	Можливі втрати порівняно з максимально можливою ціною при встановленні мінімальної	Додатковий дохід при правильному використанні можливостей.
Держ. кредит	Можлива відмова	Кошти на розвиток підприємства під не великий відсоток.
Інвестори	Можлива втрата контрольного пакета акцій	Додаткові кошти на розвиток підприємства

Найоптимальніший шлях вирішення управлінської проблеми є – збільшення долі реклами в загальному бюджеті підприємства та отримання держ. кредиту



## 6.4 РОЗРОБЛЕННЯ РИНКОВОЇ СТРАТЕГІЇ ПРОЕКТУ

Вибір цільових груп потенційних подано в таблиці 17.

Таблиця 17

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Поодинокі замовлення	70	2	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукту
2	Держ. замовлення	50	3	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукту
3	Підприємства	95	35	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукту
4	Спортивні заклади	90	45	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукту
5	Фармацевтичні компанії	60	15	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукту

Визначення базової стратегії розвитку подано в таблиці 18.

Таблиця 18

№	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	<i>Стратегія диференціації</i>	<i>Ексклюзивний розподіл</i>	<i>Відмітні властивості товару та варіативність конструкцій</i>	<i>Стратегія розвитку</i>

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки подано в таблиці 19.

Таблиця 19

№	Чи є проект першопроходцем на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента і які?	Стратегія конкурентної поведінки?
1	ні	Компанія буде шукати нову цільову аудиторію та паралельно забирати споживачів у конкурентів	ні	наступальна війна (Фланговий наступ)

*Фланговий наступ.* Гарний фланговий маневр має бути спрямований на незвідану територію, тактичний сюрприз має стати важливим елементом плану, а переслідування конкурента так само важливе, як і атака. Наприклад, конкуренти IBM Honeywell у США розгорнули свою діяльність у віддалених штатах, які випали з поля зору лідера. Флангову атаку можна проводити низькою ціною, високою ціною (літаки та годинники Concord, автомобілі Mercedes та ін.), малим калібром (класичний приклад — автомобілі «фольксвагенжук», малолітражні автомобілі), великим калібром, формою товару, меншою кількістю калорій.

Визначення стратегії позиціонування подано в таблиці 20.

Таблиця 20

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
	різноманітність, практичність, ціна, якість.	Стратегія розвитку	Якість, варіативність конструкцій,	<b>Якість</b> Практичність

## 6.5 РОЗРОБЛЕННЯ МАРКЕТИНГОВОЇ ПРОГРАМИ СТАРТАППРОЕКТУ

Ключові переваги концепції потенційного товару наведено в таблиці 21

Таблиця 21

<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
Покриття для підлоги та даху	Висока якість	Забезпечення рівнотовщинності продукту

Опис трьох рівнів моделі товару наведено в таблиці 22

Таблиця 22

<b>Обрана альтернатива розвитку проекту</b>	<b>Сутність та складові</b>
I. Товар за задумом	покращення якості готового продукту, зменшення металоємності агрегату, збільшення виробництва за рахунок зменшення кількості планових ремонтів.
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики
	Гумозмішувач з модернізованим механізмом прогину валка, механізм вмонтовується в валок
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Надійність</li> <li>2. Енерго- та ресурсозбереження</li> <li>3. Інноваційність технології</li> <li>4. Зменшення габаритів конструкції</li> </ol>
	Якість: відповідає Європейським нормам та ДСТУ.
III. Товар із підкріпленням	Марка: «GumaPro»
	До продажу:
	Вибір продукції
	Після продажу:
	доставка
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: за рахунок нової технології виготовлення	

Формування системи збуту наведено в таблиці 23

Таблиця 23

№	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, як і має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Клієнти хочуть на власні очі бачити продукцію перед закупівлею, потребують доставки, консультацій	Гарантія Доставка	Нульовий рівень. Підприємство виготовляє повністю готовий і якісний продукт	Власна система збуту з залученням реклами та мас-медіа

Концепція маркетингових комунікацій наведено в таблиці 24

Таблиця 24

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Орієнтована на швидке та ефективне спілкування, бажано спеціалізоване	Спілкування як онлайн (сайти, соц.мережі) так і офлайн (зустрічі, телефонні розмови, виставки тощо). Друкована продукція (каталоги, спецвидання). Документальне оформлення домовленостей	Якість залежить від ціни; Тривале партнерство = лояльні ціни; Вчасно, ефективно і економно.	Ефективна демонстрація переваг продукції залежно від напрямку зацікавленості клієнта	Офіційний стиль. Наочна демонстрація даних (розрахунки, графіки, діаграми). Призначення зустрічей.

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Безпечна організація виробничих процесів і праці в даний час має особливе значення на підприємствах хімічної промисловості, тому що на таких підприємствах широко використовуються різні отруйні, вибухонебезпечні і пожежонебезпечні речовини. В останніх рішеннях і постановах Уряду України, що стосуються питань охорони праці, указується на неприпустимо високий рівень нещасних випадків на виробництві в порівнянні з іншими промислово розвиненими країнами.

Відповідно до теми «Гумозмішувач з модернізацією вузла ущільнення роторів», розділ дипломного проекту присвячується захисту від шкідливих і небезпечних виробничих факторів (виділення шкідливих речовин, ураження електричним струмом, пожежа, виробниче освітлення, забруднення навколишнього середовища) та розробки заходів, що забезпечують зниження впливу цих факторів.

Процес виробництва гумової суміші протікає при підвищених тисках і температурі, з виділенням шкідливих речовин і належить до категорії виробництв із підвищеною небезпекою для життя людини. Оператор гумозмішувача працює за пультом в окремому приміщенні, що вентильовується та опалюється.

Основною умовою безпечного ведення виробничого процесу є суворе дотримання обслуговуючим персоналом норм технологічного режиму і виробничих інструкцій.

Оператор знаходиться в цеху з площею  $S = 300 \text{ м}^2$  та об'ємом  $V = 1331 \text{ м}^3$ .

На стадії експлуатації змішувача на робочому місці оператора наявні наступні шкідливі і небезпечні виробничі фактори:

- повітря робочої зони;
- виробничий шум і вібрація;
- пожежонебезпечні фактори;
- ураження електричним струмом.

Також даний розділ присвячений вибору заходів, що забезпечують зниження впливу цих факторів.

## 7.1 Повітря робочої зони

Процес змішування гумової суміші протікає при температурі 120-180 °C і тиску 1,3 МПа. При протіканні процесу відбувається виділення речовин з гостроспрямованим механізмом дії: хлороводень (1,5 мг/м<sup>3</sup>), дибутилфталат (0,5 мг/м<sup>3</sup>). Також цех характеризується незначним виділенням тепла – менше 20 ккал·м<sup>3</sup>/год.

Для нормальної роботи апарату й установки теплових станцій замовником має бути передбачена витяжна вентиляція.

У даному випадку для відводу тепла і шкідливих газів передбачається місцева вентиляція за допомогою витяжного зонта МЦ-8, L=15000 м<sup>3</sup>/год.

Система місцевої вентиляції складається з приймача шкідливих виділень, вентилятора, очисного і відвідного пристроїв.

У даному випадку застосовуємо витяжний зонт у вигляді піраміди, що розміщується над апаратом. Ефективність роботи зонта забезпечується за рахунок позитивної різниці між об'ємом повітря, що відсмоктується, і об'ємом струменя, що підтікає, а також ефективність роботи зонта забезпечується тим, що розміри вхідного отвору зонта більше розмірів апарату. Надійна робота зонта забезпечується за рахунок мінімальної вертикальної відстані між крайкою зонта і апарату. Вентилятор МЦ-8  $p_n=930$  Па.

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин, що виділяються, відповідають ГОСТ 12.1.005–88/98.

Метеорологічні умови у виробничому приміщенні характеризуються температурою, вологістю і рухомістю повітря на робочих місцях.

Значення параметрів забезпечуються місцевою витяжною вентиляцією в теплий період і паровим опаленням і місцевою вентиляцією – в холодний період року.

Параметри метеорологічних умов відповідають ДСН 3.3.6.042–99, відповідно до якого складена таблиця 7.1.

Таблиця 7.1 – Параметри метеорологічних умов

Параметр	Допустимі норми		Фактичні норми	
	Теплий період року	Холодний період року	Теплий період року	Холодний період року
Температура повітря, °С	19-30	17-25	20-23	18-22
Відносна вологість повітря, %	до 75	до 75	до 75	до 75
Швидкість руху повітря, м/с	0,2	0,2	0,2	0,2

Для забезпечення нормальної роботи устаткування необхідно:

1) допускати до роботи на апарат тільки тих робочих і інженерно-технічних працівників, що пройшли інструктаж, здали екзамен з техніки безпеки і правил технічної експлуатації і мають посвідчення на право роботи на апараті;

2) тримати в чистоті робоче місце;

3) стежити за справністю заземлення;

4) вчасно робити змащення поверхонь, що труться;

5) стежити, щоб в середину змішувача не потрапили сторонні предмети.

Робітникам, працюючим на змішувачі, категорично забороняється:

1) вивантажувати суміш у ручну;

2) виймати на ходу випадково потраплені предмети у апарат при його роботі;

3) працювати з виключеною витяжною вентиляцією;

4) користуватися відкритим вогнем без спеціального на те дозволу;

5) при виконанні ремонтних робіт всі електродвигуни та електроприлади мають бути відключені.

Перед початком роботи апаратник зобов'язаний перевірити:

1) чи немає сторонніх предметів у змішувачі;

- 2) справність повітряної комунікацій і вентиляції;
- 3) справність контрольно-вимірювальних приладів;
- 4) чи не зняті кожухи та огороження з частин, що рухаються й обертаються;
- 5) справність заземлення;
- 6) надходження мастил до поверхонь, що труться;
- 7) справність аварійних пристроїв.

Вміст домішок у повітрі робочої зони (пилу, газів, парів і інших шкідливих домішок), не повинен перевищувати значень, установлених ГОСТ 12.1.005-88.

## 7.2 Електробезпека

Цех, що розглядається належить до класу з підвищеною небезпекою за ступенем небезпеки поразки людей електричним струмом.

Приміщення має струмопровідну підлогу, що створює підвищену небезпеку.

Використовуване устаткування живиться через трифазну чотирьохпровідну мережу із заземленою нейтраллю.

Напруга силової живильної мережі 6000 В, іншого електроустаткування – 220–380 В, частота струму – 50 Гц.

Основними причинами ураження електричним струмом є:

- випадковий дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою;
- випадкове наближення на неприпустимо близьку відстань до високовольтних установок, що знаходяться під напругою;
- торкання конструктивних елементів устаткування, що нормально не знаходяться під напругою (корпусів, кожухів і т.п.), але таких, що опинилися під напругою в результаті ушкодження ізоляції чи інших причин;
- поява напруги на електроустановках під час монтажу (демонтажу), ремонту і налагодження внаслідок помилкового їх включення;



- поява крокової напруги на поверхні землі або на опорній поверхні;

Імовірність виключення зазначених причин залежить від ступеня підготовки персоналу.

Основними заходами щодо захисту від електротравматизму є:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин шляхом використання електричної ізоляції, огорожень, розташування зазначених елементів на висоті, у корпусах і станинах устаткування;
- використання ізоляції струмоведучих частин: робочої, подвійної (робочої і додаткової), посиленої (поліпшеної робочої ізоляції ( $R_{iz} \geq 0,5 \text{ МОм}$ ), ефективність якої така ж, як і в подвійної); подвійна ізоляція застосовується в ручному електрифікованому інструменті;
- застосування малих напруг (як правило, не вище 42 В) у ручному механізованому інструменті, місцевих і переносних джерелах світла;
- електричний поділ мережі на окремі ділянки за допомогою спеціальних розділових трансформаторів, що дозволяє зменшити електричну ємність мережі і значно підвищити роль опору ізоляції;
- застосування засобів колективного захисту від поразки електричним струмом: застосування чотирьохфазної мережі із заземленою нейтраллю;
- організація профвідбору персоналу шляхом проведення медоглядів при прийомі на роботу і періодичності раз у два роки всіх осіб, які причетні до експлуатації електроустановок;
- блокування силових контактів споживачів;
- навчання та атестація персоналу.
- захисне занулення в електроустановках в аварійному режимі – приєднання до багаторазового заземленого нульового проводу електричної мережі корпусів та інших конструктивних металевих частин електрообладнання, котрі не знаходяться під напругою, але в наслідок пошкодження ізоляції можуть опинитися під нею ( $R_{к.з.} = 300 \text{ Ом}$ , що дозволяє спрацювати МТЗ системи);

### 7.3 Промислове освітлення

Правильно спроектоване і раціонально виконане освітлення виробничих приміщень створює позитивний психофізіологічний вплив на працівників, сприяє підвищенню якості продукції і продуктивності праці, забезпеченню його безпеки, знижує стомлення і травматизм на виробництві, зберігає високу працездатність у процесі роботи. У цеху передбачається природне і штучне освітлення для забезпечення нормальної роботи.

Робоче місце оператора відноситься до V розряду зорових робіт.

Загальна площа світлових прорізів приміщення становить  $300 \text{ м}^2$ ; нормативний коефіцієнт природного висвітлення для IV світлового пояса –  $e^{\text{IV}} = 1,0 \%$ .

Обираємо стандартну лампу ДРЛ-400, світловий потік якої  $F = 22000 \text{ лм}$ ,  $E_{\text{н}} = 200 \text{ лк}$ . Кількість світильників –  $N = 30 \text{ шт}$ .

Штучне освітлення відповідає ДБНВ 2.5.28-2006. Фактична освітленість  $E_{\text{ф}} = 250 \text{ лк}$ .

### 7.4 Пожежна безпека

Гумова суміш належить до важкозаймистих речовин – речовини і матеріали, здатні горіти в повітрі при дії джерела запалення, але не здатні самостійно горіти після його видалення, які не здатні переходити в зважений стан – з температурою займання  $t_z = 400^\circ \text{C}$ . Згідно цьому даний цех за пожежною безпекою належить до пожежної категорії В (згідно з ОНТП 24-86) класу П-II. Ступінь вогнестійкості будинку – II, межа мінімальної вогнестійкості – 0,25 год.

Причини виникнення пожеж умовно можна поділити на пожежі електричного і неелектричного характеру.

За наявності відповідних умов загоряння може поширитися на значні обсяги виробничих приміщень і площадок, знищуючи матеріальні цінності і загрожуючи життю людей, тому необхідний комплекс заходів щодо пожежної безпеки і

протипожежного захисту.

Для запобігання пожежі здійснюються заходи: організаційні, технічні, експлуатаційні і режимний характер.

До організаційних належать: навчання робітників та службовців пожежній безпеці, проведення бесід, лекцій, інструктажу.

Експлуатаційні заходи передбачають правильну експлуатацію машин, устаткування, внутрішньозаводського транспорту, своєчасні регулярні огляди установок і апаратів, їх перевірку, ремонт і випробування, правильне утримання будинків і територій.

До технічних заходів належать: дотримання протипожежних правил і норм при проектуванні будинків і споруд, будови електричних мереж і електроустаткування, систем освітлення, вентиляції, опалення і т.п.

До заходів режимного характеру належать: заборона проведення електрогазозварювальних та інших вогневих робіт у пожежонебезпечних зонах, приміщеннях, заборона паління у невстановлених місцях і т.п.

Основними заходами для забезпечення пожежної безпеки є:

1) будівля, що установлена на відстані не менш 10 м від сусідніх споруд і не менш 20 м від складів;

2) у приміщенні біля розроблювального виробу розміщена шухляда з піском і щит із протипожежним інвентарем (чотири вогнегасники типу ОП-5 і ОП-9, сокира, лом, багор);

3) на будинку встановлений блискавковідвід сітчастого типу;

4) необхідно передбачити систему сигналізації, що оповіщає працюючий персонал і спецслужби у випадку пожежі;

5) необхідно передбачити схему швидкої і безпечної евакуації людей у випадку пожежі. При цьому має бути обладнано не менше двох виходів, розташованих розосереджено на відстані не менше 22 м одне від одного, ширина шляхів евакуації повинна бути не менше 1 м, ширина дверей не менше 0.8 м, висота – не менше 2 м (двері мають відкриватися в напрямку виходу з будинку).

## 7.5 Заходи безпеки при експлуатації устаткування

Необхідно передбачити ряд заходів щодо техніки безпеки для забезпечення безпечних умов роботи обслуговуючого персоналу і запобігання устаткування від руйнування і пожежі.

Суворе дотримання обслуговуючим персоналом норм технологічного режиму і виробничих інструкцій є основною умовою безпечного ведення виробничого процесу.

Для забезпечення нормальної роботи устаткування необхідно:

- допускати до роботи на змішувач тільки тих робочих та інженерно-технічних працівників, що пройшли інструктаж, здали екзамени з техніки безпеки і правил технічної експлуатації і мають посвідчення на право роботи на змішавачі;
- тримати в чистоті робоче місце;
- стежити за справністю заземлення;
- вчасно робити змащення поверхонь, що труться;
- стежити, щоб у проміжок між роторами не попадали сторонні предмети.

Категорично забороняється:

- працювати зі знятими запобіжними кожухами та аварійними пристроями;
- виймати випадково потраплені у змішувач предмети під час їх роботи;
- працювати з виключеною витяжною вентиляцією;
- користуватися відкритим вогнем без спеціального на те дозволу;
- при виконанні ремонтних робіт всі електродвигуни та електроприлади мають бути відключені.

Перед початком роботи апаратник вальців зобов'язаний перевірити:

- справність гідравлічної, змащувальної, повітряної комунікацій і вентиляції;
- справність контрольно-вимірювальних приладів;
- чи не зняті кожухи та огороження з частин, що рухаються й

обертаються;

- справність заземлення;
- надходження мастил до тертьових поверхонь;
- справність аварійних пристроїв.

Усі роботи, пов'язані з монтажем, пуском, регулюванням, ремонтом, технічним обслуговуванням, мають проводитися з дотриманням правил безпеки для кожного виду робіт.

Підходи до електроустаткування мають бути вільними.

Тиристорні агрегати, щити, пульт керування мають бути надійно з'єднані з цеховим контуром заземлення відповідно до ПУЕ.

Вміст домішок у повітрі робочої зони (пилу, газів, парів і інших шкідливих домішок), не повинен перевищувати значень, установлених ГОСТ 12.1.005–88.

Для нормальної роботи вальців й установки теплових станцій має бути передбачена витяжна вентиляція.

## Висновки

У дипломному проекті вдосконалено роторний гумозмішувач, суть якого полягає в модернізації механізму вивантаження. Докладно розглянуті призначення та галузь застосування роторного гумозмішувача, обрана й обґрунтована його конструкція, наведена технічна характеристика. Було проведено патентний пошук та порівняння обраної модернізації з аналогами, що підтвердило чистоту корисної моделі.

Розглянуто розділ автоматизації. Проведено економічні розрахунки модернізованого гумозмішувача і показано економічну доцільність модернізованої машини. Було розглянуто розділ Охорони праці, в якому розглянуто та спроектовано техніку безпеки біля машини та в цеху при надзвичайних ситуаціях.

. Отримано один патент України та подано заявку на корисну модель за модернізацією дипломного проекту.

## **ЗМІСТ**

### **1 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ 61**

#### **1.1 Розрахунок потужності приводу гумозмішувача 61**

#### **1.2 Тепловий розрахунок 64**

#### **1.3 Розрахунок роторів 74**

#### **1.4 Розрахунок змішувальної камери 834**

##### **1.4.1 Розрахунок півкамери на вигин 834**

### **ВИСНОВКИ 934**

### **ЛІТЕРАТУРА ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.5**

### **ДОДАТОК Б Параметричний та тепловий розрахунок змішувача.....36**

## 8 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ

Розрахунок потужності приводу гумозмішувача

Мета розрахунку: визначити потужність приводу електродвигуна гумозмішувача періодичної дії.

Схема змішувача зображена на Рис.1.1.

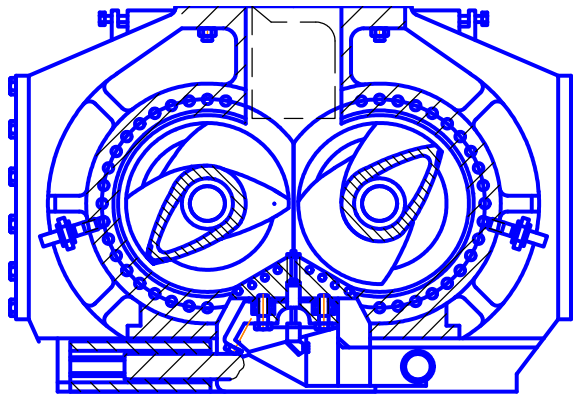


Рисунок.1.1 - Схема змішувача

Таблиця.1.1. Вихідні данні

Частота обертання роторів, об/с:	0,66;
швидкохідного $z_1$	0,56.
тихохідного $z_2$	0,56.
Внутрішній діаметр змішувальної камери $D_0$ , м	0,0035
Зазор між гребенем ротора та стінкою	
змішувальної камери $h_0$ , м	



Продовження Табл.1.1.

Ширина кромки гребеня ротора $\delta$ , м	0,024.
Площа півкамери $F$ , м <sup>2</sup>	0,31.
Довжина довгого гребеня ротора $l_1$ , м	0,657.
Довжина короткого гребеня ротора $l_2$ , м	0,405
Динамічна в'язкість гумової суміші $\mu$ , Па · с	$0,26 \cdot 10^6$
Реологічні константа гумової суміші $n$	0,1.

Визначаємо середню частоту обертання роторів:

$$z_{cp} = \frac{z_1 + z_2}{2} = \frac{40 + 33,5}{2} = 36,75 \text{ об/хв.}$$

8.1

Визначаємо потужність приводу електродвигуна гумозмішувача:

$$\begin{aligned}
 N &= 2\mu \left( \frac{\pi z_{cp}}{60} \right)^{n+1} \{ [l_1 (0,5^{n+1} + 0,865^{n+1}) + 2l_2 0,705^{n+1}] F + \left( \frac{D}{h_0} \right)^{n+1} h_0 \delta (l_1 + l_2) \} = \\
 &= 2 \cdot 0,26 \cdot 10^6 \left( \frac{3,14 \cdot 36,75}{60} \right)^{0,1+1} + \{ [0,657 (0,5^{0,1+1} + 0,865^{0,1+1}) + \\
 &+ 2 \cdot 0,405 \cdot 0,705^{0,1+1}] 0,31 + \left( \frac{0,56}{0,0035} \right)^{0,1+1} \cdot 0,0035 \cdot 0,024 (0,657 + 0,405) \} = 457 \text{ кВт.}
 \end{aligned}$$

8.2

Визначене значення потужності відноситься до сталого режиму в кінці процесу змішання.

Враховуючи перевантаження під час введення компонентів суміші до гумозмішувача, потужність електродвигуна визначається зі співвідношення:

$$N_{\text{дв}} = \frac{kN}{\eta} \quad 8.3$$

де  $k$  – коефіцієнт перевантаження;

$\eta$  – загальний коефіцієнт корисної дії:

$$\eta = \eta_m \eta_{ред} \eta_{шм} \eta_n^4 = 0,98 \cdot 0,92 \cdot 0,99 \cdot 0,99^4 = 0,857, \quad 8.4$$

де  $\eta_m$  – ККД пружної пальцевої муфти;

$\eta_{ред}$  – ККД блок-редуктора;

$\eta_{шм}$  – ККД шарнірної муфти;

$\eta_n$  – ККД сферичного дворядкового підшипника.

$$N_{\text{дв}} = \frac{1,5 \cdot 457}{0,857} = 800 \text{ кВт.} \quad 8.5$$

Висновок: за результатами розрахунку встановлено синхронний двигун марки 2СДР-71ОУ-6-У3 потужністю 800 кВт та частотою обертання 1000 об/хв.

## Тепловий розрахунок

Мета розрахунку: визначити сумарну кількість теплоти, яка відводиться від змішувальної камери водою.

Схема змішувальної камери зображено на Рис.1.2

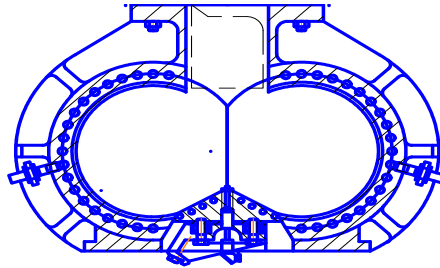


Рисунок 1.2. – Схема змішувальної камери

Вихідні дані:

Об'єм завантажувальної суміші  $V$ ,  $\text{м}^3$  0,19.

Початкова температура суміші  $^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{сум.поч.}}$  20.

Температура суміші при вивантаженні  $^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{сум.кін.}}$  140.

Час перебування суміші в камері  $\tau$ , с 180.

Температура охолоджувальної води  $^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{в.поч.}}$  15.

Витрата води на охолодження гумозмішувача  $G_{\text{в.}}$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$ , 10.

Питома вага матеріалу  $\gamma$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$  1240.

Питома теплоємність суміші  $c_{\text{сум.}}$ ,  $\text{ккал}/\text{год}$  0,4.

Встановлена потужність електродвигуна  $N$ , кВт 800.

Визначимо кількість теплоти, яка виділяється за годину роботи змішувача:

$$Q = 860 N \eta_1 \eta_2 = 860 \cdot 800 \cdot 0,857 \cdot 0,6 = 353770 \frac{\text{ккал}}{\text{год}} = 411434 \text{ Вт} \quad (1.6)$$

де  $\eta_1$  – коефіцієнт корисної дії,  $\eta_1 = 0,857$ ;

$\eta_2$  – коефіцієнт використання корисної потужності,  $\eta_2 = 0,6$ .

Визначаємо вагу одного замісу:

$$G = V\gamma = 0,19 \cdot 1240 = 236 \text{ кг.} \quad (1.7)$$

Максимальна продуктивність змішувача:

$$G_{\text{зм.}} = \frac{3600G}{\tau} = \frac{3600 \cdot 236}{180} = 4720 \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (1.8)$$

Визначаємо кількість теплоти, необхідної для розігріву суміші

$$Q_{\text{сум.}} = G_{\text{зм.}} \cdot c_{\text{сум.}} (t_{\text{сум.кін.}} - t_{\text{сум.поч.}}) = 4720 \cdot 0,4(140 - 20) = 226560 \frac{\text{ккал}}{\text{год}} = 263489 \text{ Вт} \quad (1.9)$$

Визначаємо кількість теплоти, яку необхідно відвести охолоджувальною водою:

$$Q_{\text{в.}} = Q - Q_{\text{сум.}} - Q_{\text{вт.}} = 411434 - 263489 - 47850 = 100095 \frac{\text{ккал}}{\text{год}} = 116411 \text{ Вт} \quad (1.10)$$

де  $Q_{\text{вт.}}$  – втрати в навколишнє середовище. Через значні втрати при вивантаженні приймаємо  $Q_{\text{вт.}} = 10 \%$ ,

$$Q_{\text{вт.}} = 0,1 \cdot 411434 \cdot 1,163 = 47850 \text{ Вт.} \quad (1.11)$$

Охолоджувальна вода подається в півкамери, при чому в кожній півкамері є дві зони охолодження, в роторі і горбушу.

В кожен зону пів камер подається  $G_{\text{нк}} = 3500 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$ , у кожен ротор подається

$$G_p = 4000 \frac{\text{кг}}{\text{год}}, \text{ в горбушу подається } G_{\text{горб.}} = 2500 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

Визначаємо середню швидкість води в каналах пів камер:

$$w_1 = \frac{G_{нк}}{0,785d^2 \rho_g 3600} = \frac{3500}{0,785 \cdot 0,032^2 \cdot 1000 \cdot 3600} = 1,22 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (1.12)$$

де  $\rho_g$  – густина охолоджувальної води;

$d$  – діаметр каналу в півкамері.

Визначаємо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_1 d}{\nu} = \frac{1,22 \cdot 0,032}{1,16 \cdot 10^{-6}} = 33655 > 10000 \quad (1.13)$$

де  $\nu$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості охолоджувальної води.

Критерій Рейнольдса більше 10000, отже режим руху рідини в півкамерах – турбулентний. Критерій Нусельта для турбулентного режиму:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \left( \frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} \varepsilon_e = 0,021 \cdot 33655^{0,8} \cdot 8,27^{0,43} \left( \frac{8,27}{7,77} \right)^{0,25} \cdot 0,9 = 199,25 \quad (1.14)$$

де  $Pr$  – критерій Прандтля при температурі 15 °С,

$Pr_{cm}$  – критерій Прандтля при середній температурі стінки 17 °С,

$\varepsilon_e$  – поправковий коефіцієнт, який враховує довжину труби на теплопередачу (при співвідношенні  $\frac{l}{d} = \frac{880}{32} = 25,3$   $\varepsilon_e = 1,09$ ).

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до води:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \lambda}{d} = \frac{199,25 \cdot 0,586}{0,032} = 3648,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}, \quad (1.15)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності води при температурі 15 °С.

Коефіцієнт тепловіддачі від суміші до стінки приймаємо  $\alpha_2 = 755 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ .

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{3648,8} + \frac{0,039}{46,52} + \frac{1}{755}} = 410,68 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (1.16)$$

де  $\delta_{cm}$  – товщина стінки півкамери, через яку йде тепловіддача;

$\lambda_{cm}$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки.

Визначимо площу півкамер:

$$F = \pi dlz = 3,14 \cdot 0,032 \cdot 0,88 \cdot 12 = 1,061 \text{ м}^2 \quad (1.17)$$

де  $l$  – довжина каналів у півкамері;

$z$  – кількість каналів у півкамері.

Під час процесу змішання температура суміші змінюється від 20 до 140°С,  
а температура охолоджувальної води – від 15 до 18 °С.

Середня різниця температур між сумішшю та охолоджувальною водою:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\bar{o}} - \Delta t_{\bar{m}}}{\ln \frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}}} = \frac{122 - 5}{\ln \frac{122}{5}} = 36,6 \quad (1.18)$$

де  $\Delta t_{\bar{o}} = 122$  °С, а  $\Delta t_{\bar{m}} = 5$  °С.

Визначимо кількість теплоти, яку віддає поверхня півкамер:

$$Q = kF\Delta t = 410,68 \cdot 1,061 \cdot 36,6 = 15947,7 \text{ Вт.} \quad (1.19)$$

Кількість теплоти, яку віддає вся камера:

$$Q_k = 2Q = 2 \cdot 15947,7 = 31896 \text{ Вт.} \quad (1.20)$$

Перевіримо значення прийнятої температури стінки:

$$t_{cm1} = t_{с.ср.} + \frac{k}{\alpha_1} \Delta t = 16,5 + \frac{410,68}{3648,8} \cdot 36,6 = 20,62 \text{ }^\circ\text{C} = 293,78\text{K} \quad (1.21)$$

де  $t_{с.ср.}$  – середня температура води.

Розрахуємо кількість теплоти, що відводиться поверхнею роторів.

Визначаємо середню швидкість води в каналі ротора:

$$w_2 = \frac{G_{горб.}}{0,785 d^2 \rho_e 3600} = \frac{4000}{0,785 \cdot 0,018^2 \cdot 1000 \cdot 3600} = 0,0194 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (1.22)$$

де  $d_{np}$  – діаметр умовного каналу в роторі.

Визначаємо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_2 d_{екв.}}{\nu} = \frac{0,0194 \cdot 0,27}{1,16 \cdot 10^{-6}} = 4516 < 10000 \quad (1.23)$$

де  $d_{екв.}$  – еквівалентний діаметр каналу,

$$d_{екв.} = \frac{4S}{\Pi} = \frac{4 \cdot 0,0572}{0,845} = 0,27 \text{ м} \quad (1.24)$$

де  $\Pi$  – змочений периметр каналу.

Оскільки критерій Рейнольдса менше 10000, то режим руху рідини в каналі ротора – перехідний.

Критерій Нусельта для перехідного режиму:

$$Nu = k Pr^{0,43} \left( \frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} \varepsilon_e = 18,6 \cdot 8,27^{0,43} \cdot \left( \frac{8,27}{7,77} \right)^{0,25} \cdot 1,42 = 66,5 \quad (1.25)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який функцією критерію Рейнольдса. При  $Re = 4516$   
 $k = 18,6$ ;

$\varepsilon_e$  – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив довжини труби на  
 теплопередачу (при співвідношенні  $\frac{l}{d} = \frac{810}{270} = 3 \quad \varepsilon_e = 1,42$ ).

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до води:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \lambda}{d} = \frac{66,5 \cdot 0,586}{0,27} = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (1.26)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від суміші до стінки приймаємо  $\alpha_2 = 755 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ .

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{144} + \frac{0,057}{46,52} + \frac{1}{755}} = 106 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (1.27)$$

де  $\delta_{cm}$  – товщина стінки ротора, через яку йде тепловіддача;

$\lambda_{cm}$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки.

Визначимо площу поверхні одного ротора:

$$F_p = \pi DL = 3,14 \cdot 0,316 \cdot 0,88 = 0,874 \text{ м}^2 \quad (1.28)$$

де  $L$  – довжина ротора;

$D$  – середній діаметр ротора.



Під процесу змішання температура суміші змінюється від 20 до 140 °С, а температура охолоджувальної води – від 15 до 18 °С.

Середня різниця температур між сумішшю та охолоджувальною водою:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\bar{\theta}} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\bar{\theta}}}{\Delta t_m}} = \frac{122 - 5}{\ln \frac{122}{5}} = 36,6 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1.29)$$

де  $\Delta t_{\bar{\theta}} = 122 \text{ } ^\circ\text{C}$ , а  $\Delta t_m = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Визначимо кількість теплоти, яку віддає поверхня роторів:

$$Q_p = kF_p \Delta t = 2 \cdot 106 \cdot 0,874 \cdot 36,6 = 6805 \text{ Вт.} \quad (1.30)$$

Перевіримо значення прийнятої температури стінки:

$$t_{cm2} = t_{с.ср.} + \frac{k}{\alpha_1} \Delta t = 16,5 + \frac{106}{144} \cdot 36,6 = 43,8 \text{ } ^\circ\text{C} = 316,96\text{K} \quad (1.31)$$

Перевірене значення температури стінки не співпадає з раніше прийнятим значенням. Робимо перерахунок на розрахункову температуру.

$Pr'_{cm} = 4$  – критерій Прандтля при розрахунковій температурі стінки.

Тоді критерій Нусельта:

$$Nu' = k Pr^{0,43} \left( \frac{Pr}{Pr_{\dot{\theta}}} \right)^{0,25} \varepsilon_{\dot{\theta}} = 18,6 \cdot 8,27^{0,43} \cdot \left( \frac{8,27}{4} \right)^{0,25} \cdot 1,42 = 78,5 \quad (1.32)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до води:

$$\alpha'_1 = \frac{Nu \lambda}{d} = \frac{78,5 \cdot 0,586}{0,27} = 171 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (1.33)$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha'_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{171} + \frac{0,057}{46,52} + \frac{1}{755,95}} = 119 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (1.34)$$

Кількість теплоти, яку віддає поверхня роторів:

$$Q_p' = k' F_p \Delta t = 2 \cdot 119 \cdot 0,874 \cdot 36,6 = 7661 \text{ Вт}. \quad (1.35)$$

Визначимо кількість теплоти, яку віддає поверхня горбуші.

Визначаємо середню швидкість води в каналі ротора:

$$w_3 = \frac{G_{горб.}}{0,785 d^2 \rho_e 3600} = \frac{2500}{0,785 \cdot 0,018^2 \cdot 1000 \cdot 3600} = 2,73 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (1.36)$$

де  $d$  – діаметр каналу в горбуші.

Визначаємо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_3 d}{\nu} = \frac{2,73 \cdot 0,018}{1,16 \cdot 10^{-6}} = 42368 > 10000 \quad (1.37)$$

Критерій Рейнольдса більше 10000, отже, режим руху рідини в каналах горбуші – турбулентний. Критерій Нусельта для турбулентного режиму:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \left( \frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} \epsilon_\epsilon = 0,021 \cdot 42368^{0,8} \cdot 8,27^{0,43} \left( \frac{8,27}{7,77} \right)^{0,25} \cdot 1 = 266 \quad (1.38)$$

де  $\varepsilon_e$  – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив довжини труби на теплопередачу (при співвідношенні  $\frac{l}{d} = \frac{880}{18} = 48,8$   $\varepsilon_e = 1$ ).

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до води:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \lambda}{d} = \frac{266 \cdot 0,586}{0,018} = 8660 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (1.39)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від суміші до стінки приймаємо  $\alpha_2 = 755 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ .

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{8660} + \frac{0,017}{46,52} + \frac{1}{755}} = 555,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (1.40)$$

де  $\delta_{cm}$  – товщина стінки горбуші, через яку йде тепловіддача;

$\lambda_{cm}$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки.

Визначимо площу поверхні горбуші:

$$F_{горб.} = \pi d l z = 3,14 \cdot 0,018 \cdot 0,88 \cdot 8 = 0,398 \text{ м}^2 \quad (1.41)$$

де  $l$  – довжина горбуші;

$z$  – кількість каналів.

Під процесу змішання температура суміші змінюється від 20 до 140 °С, а температура охолоджувальної води – від 15 до 18 °С.

Середня різниця температур між сумішшю та охолоджувальною водою:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{122 - 5}{\ln \frac{122}{5}} = 36,6 \text{ }^{\circ}\text{С} \quad (1.42)$$

де  $\Delta t_{\theta} = 122^{\circ}\text{C}$ , а  $\Delta t_m = 5^{\circ}\text{C}$ .

Визначимо кількість теплоти, яку віддає поверхня горбуші:

$$Q_{\text{горб.}} = kF_{\text{горб.}} \Delta t = 555,6 \cdot 0,398 \cdot 36,6 = 8093 \text{ Вт.} \quad (1.43)$$

Перевіримо значення прийнятої температури стінки:

$$t_{\text{ст3}} = t_{\text{в.ср.}} + \frac{k}{\alpha_1} \Delta t = 16,5 + \frac{555,6}{8660} \cdot 36,6 = 18,8^{\circ}\text{C} = 291,96\text{K} \quad (1.44)$$

Визначимо сумарну кількість теплоти, яка відводиться від гумозмішувача водою:

$$Q_{\text{сум}} = Q_k + Q_p + Q_{\text{горб}} = 31896 + 6805 + 8093 = 46794 \text{ Вт} \quad (1.45)$$

$$Q_{\text{в.}} = 116411 \text{ Вт.}$$

$$Q_{\text{сум}} < Q_{\text{в.}}$$

Висновок: в ході теплового розрахунку була визначена сумарна кількість теплоти, яка відводиться від змішувальної камери водою і складається з сумарної кількості теплоти, що відводиться від змішувальної камери, роторів та горбуші.

## Розрахунок роторів

Мета розрахунку: перевірити ротор на стійкість до дії зовнішнього та осьового навантаження.

Ескіз ротора зображено на Рис.1.3.

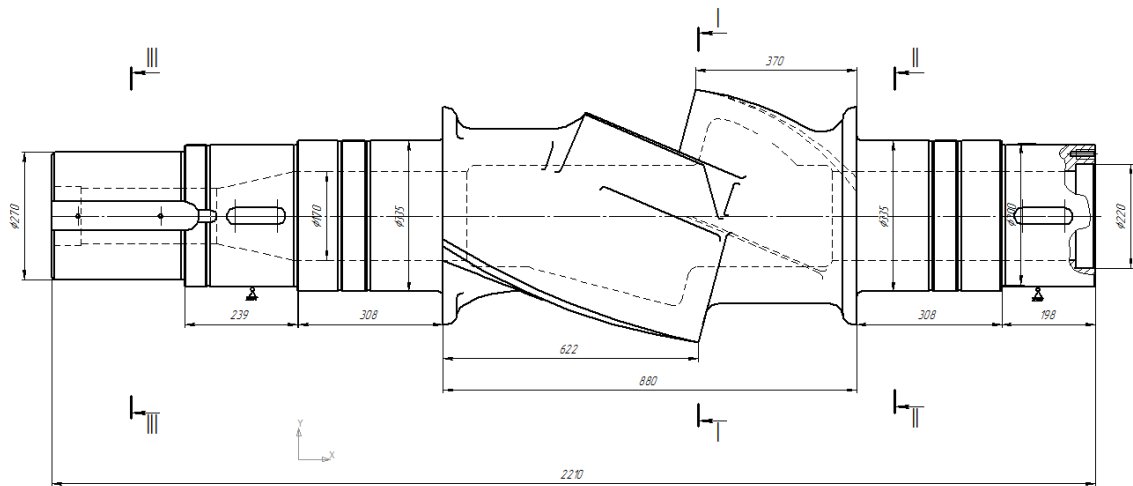


Рисунок 1.3 – Ескіз ротора

Вихідні дані:

Головний електродвигун:

Потужність $N_{el}$ , кВт	800;
частота обертання $n$ , об/с	16,66;
напруга, В	6000.

Частота обертання роторів, об/с:

швидкохідного	0,66;
тихохідного	0,56.

Тиск в пневмоциліндрі завантажувального пристрою $p$ , МПа	0,8.
--	------

Внутрішній діаметр пневмоциліндра $D$ , м	0,5.
---	------

Кут підйому гвинтової лінії короткої лопаті $\alpha_1$ , °	45.
--	-----

Кут підйому гвинтової лінії довгої лопаті, $\alpha_2$ , °	60.
---	-----

Розрахунок роторів на міцність робимо за номінальною потужністю встановленого електродвигуна з урахуванням ККД приводу.

Визначаємо загальний ККД:

$$\eta = \eta_m \eta_p \eta_{ш} \eta_n = 0,98 \cdot 0,92 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 0,875 \quad (1.46)$$

де  $\eta_m=0,92$  – ККД пружної кільцевої муфти;

$\eta_p=0,98$  – ККД редуктора;

$\eta_n=0,99$  – ККД сферичного роликопідшипника.

Загальна потужність, споживана роторами:

$$N = N_{ел} \eta = 800 \cdot 0,875 = 700 \text{ кВт.} \quad (1.47)$$

Крутний момент ротора:

$$M_{кр} = 9740 \cdot \frac{N}{n} = 9740 \cdot \frac{700}{34} = 200529 \text{ Н·м} \quad (1.48)$$

На фігурну частину ротора діють:

а) крутний момент:  $M_{ром} = 200529 \text{ Нм}$ ;

б) рівномірно розподілене навантаження від дії перемішувальної маси:

$$q_M = \frac{M_{ром}}{Rl_1} = \frac{200529}{0,277 \cdot 0,88} = 822649 \text{ Н/м} \quad (1.49)$$

де  $R=0,277$  – радіус фігурної частини ротора, м;

$l=0,88$  – довжина фігурної частини ротора, м.

в) рівномірно розподілене навантаження від дії завантажувального циліндра:

$$q_u = \frac{Q}{2l_1} \quad (1.50)$$

де  $Q$  – зусилля, що розвивається завантажувальним циліндром:

$$Q = pF_{\delta} = p \frac{\pi D^2}{4} = 0,8 \cdot 10^6 \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} = 157000 \text{ Н.} \quad (1.51)$$

$$q_u = \frac{157000}{2 \cdot 0,88} = 89205 \text{ Н/м} \quad (1.52)$$

Розрахункова схема ротора зображена на Рис.1.4

Повне розподілене навантаження, що діє на фігурну частину ротора:

$$q = q_M + q_u = 822649 + 89205 = 911854 \text{ Н/м} \quad (1.53)$$

Визначимо реакцію на опорах (без урахування ваги ротора):

$$R_A = R_B = \frac{ql_1}{2} = \frac{911854 \cdot 0,88}{2} = 401216 \text{ Н.} \quad (1.54)$$

Окрім повздовжнього навантаження на ротор діє осьове навантаження, зумовлене впливом гвинтової поверхні фігурної частини.

Визначимо осьове навантаження з боку короткої лопаті:

$$Q_1 = ql' \operatorname{ctg} \alpha_1 = 911854 \cdot 0,38 \cdot \operatorname{ctg} 45^\circ = 911854 \cdot 0,38 \cdot 1 = 346505 \text{ Н.} \quad (1.55)$$

Визначимо осьове навантаження з боку довгої лопаті:

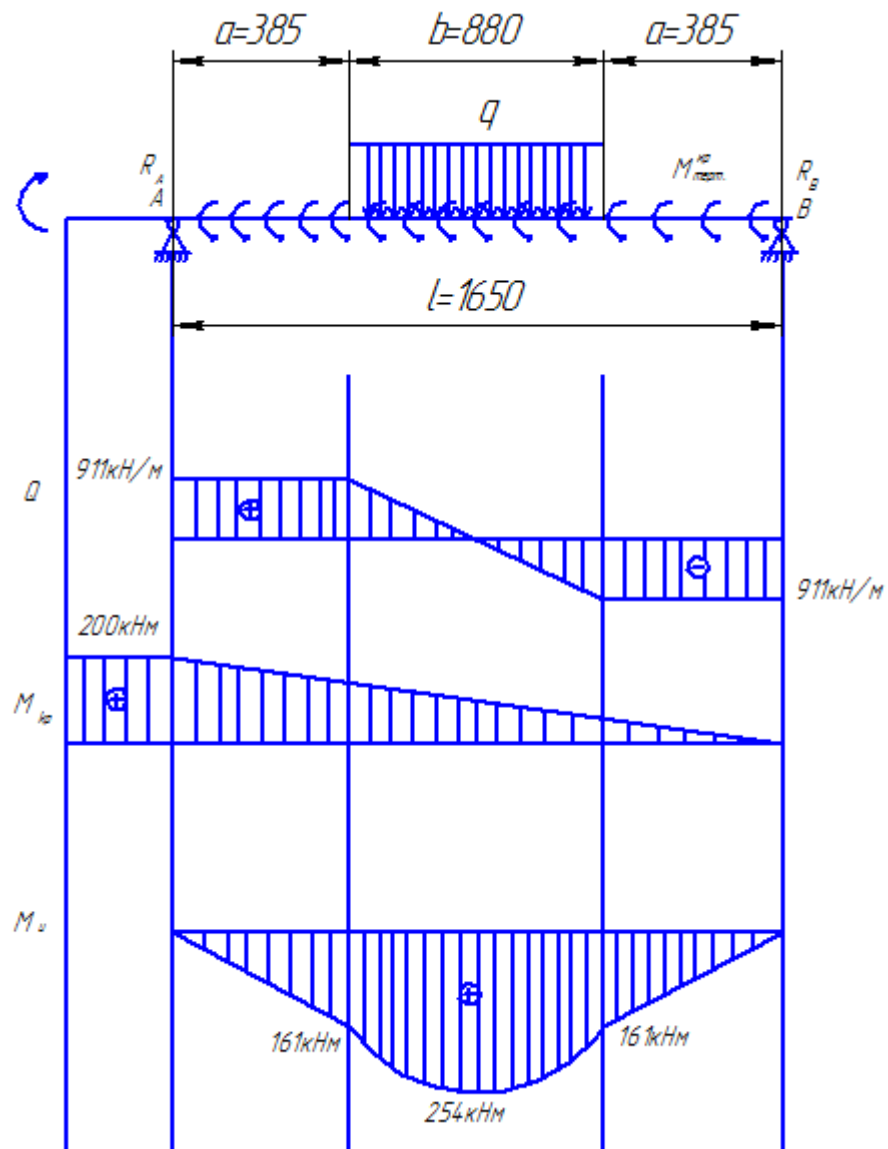


Рисунок.1.4. – Розрахункова схема ротора

$$Q_2 = ql'' \operatorname{ctg} \alpha_2 = 911854 \cdot 0,622 \cdot \operatorname{ctg} 60^\circ = 911854 \cdot 0,622 \cdot 0,577 = 327259 \text{ Н} \quad (1.56)$$

Визначимо сумарне осьове навантаження:

$$A = Q_1 - Q_2 = 346505 - 327259 = 19246 \text{ Н} \quad (1.57)$$

Визначаємо напругу в роторі від зовнішнього навантаження.

Розрахунок міцності робимо на статичне навантаження. Розглядаємо перетин I-I. Так як немає концентратора напруження, крутний момент приймаємо рівним  $1,3M_{ном.}$



Робоче напруження вигину в перетині I-I:

$$\sigma_I = \frac{M_I}{W_I} \quad (1.58)$$

де  $M_I$  – вигинаючий момент у перетині I-I:

$$M_I = qb \frac{2c+b}{2l} \left[ a + \frac{b(2c+b)}{4l} \right] = 911854 \cdot 0,88 \frac{2 \cdot 0,385 + 0,88}{2 \cdot 1,65} \times \\ \times \left[ 0,385 + \frac{0,88(2 \cdot 0,385 + 0,88)}{4 \cdot 1,65} \right] = 254772 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (1.59)$$

де  $a, b, c, l$  – геометричні розміри перетину I-I.

$W_I$  – осьовий момент опору повздовжнього перетину ротора:

$$W_I = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{a_1 b_1^3 - a_2 b_2^3}{b_1} = \frac{3,14(0,28 \cdot 0,155^3 - 0,225 \cdot 0,1^3)}{0,155} = 41,41 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3, \quad (1.60)$$

де  $a_1, b_1, a_2, b_2$  – геометричні розміри поперечного перетину I-I (еліпс).

Робоче напруження вигину в перетині I-I за формулою 1.9:

$$\sigma_I = \frac{254772}{41,41 \cdot 10^{-4}} = 61,5 \text{ МПа}. \quad (1.61)$$

Визначимо напруження кручення в приведеному перетині:

$$\tau_I = \frac{M_{\text{рот}}}{W_{\text{кр}}} = \frac{200529}{61,60 \cdot 10^{-4}} = 32,55 \text{ МПа}, \quad (1.62)$$

де  $W_{\text{кр}}$  – момент опору крученню:

$$W_{kp} = \frac{\pi b_1^3 n}{2} (1 - \alpha^4) = \frac{3,14 \cdot 0,155^3 \cdot 1,81}{2} (1 - 0,804) = 61,60 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3, \quad (1.63)$$

де  $n$  – відношення більшої півосі до меншої:

$$n = \frac{a_1}{b_1} = \frac{0,28}{0,155} = 1,81 \quad (1.64)$$

$\alpha$  – коефіцієнт:

$$\alpha = \frac{a_2}{a_1} = \frac{0,225}{0,28} = 0,804 \quad (1.65)$$

Приведене напруження в перетині I-I:

$$\sigma_{np} = \sqrt{\sigma_I^2 + 4\tau_I^2} = \sqrt{61,5^2 + 4 \cdot 32,55^2} = 89,56 \text{ МПа}. \quad (1.66)$$

Визначимо допустиме напруження для сталі 25Л-II по границі плинності:

$$[\sigma] = 0,8\sigma_T = 0,8 \cdot 320 = 256 \text{ МПа}. \quad (1.67)$$

Перевіряємо умову міцності:

$$\sigma_{np} < [\sigma],$$

Умова міцності на розтяг для перетину ротора I-I виконується.

Розглянемо переріз II-II (рисунок 4.8).

Вигинаючий момент в перетині II-II:

$$M_{\text{виг}} = R_A l_1 = 425040 \cdot 0,385 = 161515,2 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (1.68)$$

де  $R_A$  – реакція в опорі А:

$$R_A = \frac{qb(2a+b)}{2l} = \frac{911854 \cdot 0,88(2 \cdot 0,385 + 0,88)}{2 \cdot 0,165} = 425040 \text{ Н.} \quad (1.69)$$

$l_1$  – плече вигину.

Осьовий момент опору для перетину II-II:

$$W_{II} = 0,1D^3 \left( 1 - \frac{d^4}{D^4} \right) = 0,1 \cdot 0,335^3 \left( 1 - \frac{0,17^4}{0,336^4} \right) = 35,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3, \quad (1.70)$$

де  $d$  – внутрішній діаметр ротора в перетині II-II ;

$D$  – зовнішній діаметр ротора в перетині II-II.

Напруження вигину в перетині II-II:

$$\sigma_{II} = \frac{M_{\text{виг}}}{W_{II}} = \frac{161515,2}{35,1 \cdot 10^{-4}} = 46 \text{ МПа.} \quad (1.71)$$

Полярний момент інерції:

$$W_p = 2W_{II} = 2 \cdot 35,1 \cdot 10^{-4} = 70,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3. \quad (1.72)$$

Визначимо напруження кручення в перетині II-II:

$$\tau = \frac{M_{\text{ром}}}{W_p} = \frac{200529}{70,2 \cdot 10^{-4}} = 28,57 \text{ МПа.} \quad (1.73)$$

Приведене напруження в перетині II-II:

$$\sigma_{np} = \sqrt{\sigma_{II}^2 + 4\tau_{II}^2} = \sqrt{46^2 + 4 \cdot 28,57^2} = 73,36 \text{ МПа} \quad (1.74)$$

Перевіряємо умову міцності:

$$\sigma_{np} < [\sigma],$$

Умова міцності на вигин для перетину ротора II-II виконується.

Розглянемо переріз III-III

Вхідний кінець вала, який слугує для передачі крутного моменту від редуктора крізь муфту на ротор, працює тільки на кручення.

Полярний момент опору поперечного перетину вала, послабленого двома шпоночними канавками:

$$W_p = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{16D} - \frac{bh(2D - h)}{8D} = \frac{3,14(0,27^4 - 0,102^4)}{16 \cdot 0,27} - \frac{0,06 \cdot 0,032(2 \cdot 0,27 - 0,032)}{8 \cdot 0,27} = \quad (1.75)$$
$$= 37,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

де  $b$  – ширина шпоночного пазу;

$h$  – висота шпонки;

$d$  – внутрішній діаметр вала ;

$D$  – зовнішній діаметр вала.

Номінальне напруження кручення в перетині III-III:

$$\tau_{III} = \frac{M_{pot}}{W_p} = \frac{200529}{37,8 \cdot 10^{-4}} = 53,05 \text{ МПа.} \quad (1.76)$$

Приведене напруження в перетині III-III:

$$\sigma_{np} = \sqrt{4\tau_{III}^2} = \sqrt{4 \cdot 53,05^2} = 107 \text{ МПа.} \quad (1.77)$$

Перевіряємо умову міцності:

$$\sigma_{np} < [\sigma].$$

Умова міцності на кручення для перетину ротора III-III виконується.

Перевіримо міцність шпонок на вихідному кінці ротора.

Напруження зминання в шпоночному пазі:

$$\sigma_{зм} = \frac{4M_{ром}}{1,5dhl} = \frac{4 \cdot 200529}{1,5 \cdot 0,27 \cdot 0,032 \cdot 0,28} = 220 \text{ МПа.} \quad (1.78)$$

Перевіряємо умову міцності:

$$\sigma_{зм} < [\sigma].$$

Умова міцності шпонок виконується.

Висновок: розраховано на міцність небезпечні перетини ротора. розрахункові напруження, що виникають в роторі внаслідок дії крутного моменту ротора, навантаження від змішувальної маси та навантаження від дії завантажувального циліндра, не перевищують допустимі значення, що забезпечує міцність та стійкість ротора.

Оскільки півкамера відносно симетрична відносно осі  $X-X$  приймаємо, що

її центр ваги лежить на осі  $X-X$ .

Розіб'ємо перетин на вісім ділянок. Знайдемо центр ваги перетину відносно осі  $Y-Y$ :

$$y_c = \frac{F_1 y_1 + F_2 y_2 + F_3 y_3 + F_4 y_4 + F_5 y_5 + F_6 y_6 + F_7 y_7 - F_8 y_8}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 - F_8} \quad (1.79)$$

де  $F_i$  – площа ділянки;

$y_i$  – координата центра ваги ділянки відносно осі  $Y-Y$ .

Визначимо площу кожної ділянки.

Площа першої ділянки:

$$F_1 = b_1 h_1 = 50 \cdot 215 \cdot 10^{-6} = 10,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2, \quad (1.80)$$

де  $b_1, h_1$  – геометричні розміри першої ділянки.

Площа другої ділянки:

$$F_2 = b_2 h_2 = 230 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2, \quad (1.81)$$

де  $b_2, h_2$  – геометричні розміри другої ділянки.

Площа третьої ділянки:

$$F_3 = \gamma(R^2 - r^2) = 1,919(380^2 - 280^2)10^{-6} = 12,67 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2, \quad (1.82)$$

де  $R$  – зовнішній радіус обичайки;

$r$  – внутрішній радіус обичайки;

$\gamma$  – половина кута сектора кута, рад.

Площа четвертої ділянки:

$$F_4 = \frac{b_4 + b'_4}{2} h_4 = \frac{75 + 55}{2} 190 \cdot 10^{-6} = 12,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (1.83)$$

де  $b_4, b'_4, h_4$  – геометричні розміри четвертої ділянки (має трапецієвидну форму).

Площа п'ятої ділянки:

$$F_5 = \frac{b_5 + b'_5}{2} h_5 = \frac{45 + 40}{2} 190 \cdot 10^{-6} = 8,075 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (1.84)$$

де  $b_5, b'_5, h_5$  – геометричні розміри п'ятої ділянки (має трапецієвидну форму).

Площа шостої ділянки:

$$F_6 = b_6 h_6 = 45 \cdot 190 \cdot 10^{-6} = 8,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2, \quad (1.85)$$

де  $b_6, h_6$  – геометричні розміри шостої ділянки.

Площа сьомої ділянки:

$$F_7 = \frac{b_7 + b'_7}{2} h_7 = \frac{160 + 50}{2} 310 \cdot 10^{-6} = 32,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (1.86)$$

де  $b_7, b'_7, h_7$  – геометричні розміри сьомої ділянки (має трапецієвидну форму).

Площа восьмої ділянки:

$$F_8 = n \frac{\pi d^2}{4} = 20 \frac{3,14 \cdot 32^2 \cdot 10^{-6}}{4} = 16,07 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2, \quad (1.87)$$

$$F'_8 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 32^2 \cdot 10^{-6}}{4} = 0,804 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (1.88)$$



де  $n$  – кількість отворів;

$d$  – діаметр отвору.

Знайдемо  $y_i$  – координату центра ваги кожної ділянки відносно осі  $Y-Y$ .

$$y_1 = \frac{h_1}{2} = \frac{215}{2} 10^{-3} = 107,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (1.89)$$

$$y_2 = \frac{h_2}{2} = \frac{40}{2} 10^{-3} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.90)$$

$$y_3 = \frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \cdot \frac{\sin \gamma}{\gamma} = \frac{2(380^3 - 280^3) 10^{-3} \sin 110}{3(380^2 - 280^2) 1,919} = 162,8 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.91)$$

$$y_4 = y'_4 + R + a = (90,1 + 380 + 130) 10^{-3} = 600,1 \text{ м} \quad (1.92)$$

де  $y'_4$  – координата центра ваги ділянки  $F_4$ ,

$$y'_4 = \frac{h_4}{3} \cdot \frac{b_4 + 2b'_4}{b_4 + b'_4} = \frac{190(75 + 2 \cdot 55) 10^{-3}}{3(75 + 55)} = 90,1 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.93)$$

$a$  – відстань від центру  $O$  до осі  $Y-Y$ .

Ребро  $F_5$  розташоване під кутом  $45^\circ$  до осі  $X-X$ .

$$y'_5 = \frac{h_5}{3} \cdot \frac{b_5 + 2b'_5}{b_5 + b'_5} = \frac{190(45 + 2 \cdot 40) 10^{-3}}{3(45 + 40)} = 93 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (1.94)$$

$$y''_5 = y'_5 + R = (93 + 380) 10^{-3} = 473 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (1.95)$$

$$y'''_5 = y''_5 \cos 45^\circ = 473 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7071 = 335,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (1.96)$$

Ребро  $F_6$  розташоване під кутом  $31^\circ$  до осі  $X-X$ .

$$y'_6 = \frac{h_6}{2} = \frac{190}{2} 10^{-3} = 95 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (1.97)$$

$$y_6'' = y_6' + R = (95 + 380)10^{-3} = 475 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (1.98)$$

$$y_6''' = y_6'' \cos 31^\circ = 475 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8572 = 407 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (1.99)$$

$$y_7' = \frac{h_7}{3} \cdot \frac{b_7 + 2b_7'}{b_7 + b_7'} = \frac{310(160 + 2 \cdot 50)10^{-3}}{3(160 + 50)} = 127,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (1.100)$$

$$y_7'' = h_7 - y_7' = (310 - 127,9)10^{-3} = 182,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (1.101)$$

$$y_7 = y_7'' - \frac{b_7}{4} + a = \left(182,1 - \frac{160}{4} + 13\right)10^{-3} = 272,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (1.102)$$

Знайдемо відстань від центра ваги кожного отвору до осі У-У.

$$y_{81}' = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 10^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1736 = 58,16 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.103)$$

де  $R$  – радіус розташування отворів;

$\alpha$  – кут розташування отворів відносно осі У-У.

$$y_{81} = a - y_{81}' = (130 - 58,16)10^{-3} = 71,84 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (1.104)$$

$$y_{82} = a = 130 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (1.105)$$

$$y_{83}' = y_{81}' = 58,16 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.106)$$

$$y_{83} = y_{83}' + a = (58,16 + 130)10^{-3} = 188,2 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.107)$$

$$y_{84}' = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 20^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,342 = 114,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.108)$$

$$y_{84} = y_{84}' + a = (114,6 + 130)10^{-3} = 244,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.109)$$

$$y_{85}' = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 30^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 = 167,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.110)$$

$$y_{85} = y_{85}' + a = (167,5 + 130)10^{-3} = 297,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.111)$$

$$y_{86}' = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 40^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,643 = 215,3 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.112)$$

$$y_{86} = y_{86}' + a = (215,3 + 130)10^{-3} = 345,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (1.113)$$

$$y_{87}' = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 50^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,766 = 256,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.114)$$

$$y_{87} = y_{87}' + a = (256,6 + 130)10^{-3} = 386,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.115)$$

$$y'_{88} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 60^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,866 = 290,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (1.116)$$

$$y_{88} = y'_{88} + a = (290,1 + 130)10^{-3} = 420,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (1.117)$$

$$y'_{89} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 70^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9397 = 314,8 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.118)$$

$$y_{89} = y'_{89} + a = (314,8 + 130)10^{-3} = 444,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (1.119)$$

$$y'_{810} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 80^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9848 = 329,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.120)$$

$$y_{810} = y'_{810} + a = (329,9 + 130)10^{-3} = 459,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (1.121)$$

$$y'_{811} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 90^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 335 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.122)$$

$$y_{811} = y'_{811} + a = (335 + 130)10^{-3} = 465 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (1.123)$$

$$y_{812} = y_{810} = 459,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.124)$$

$$y_{813} = y_{89} = 448,8 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.125)$$

$$y_{814} = y_{88} = 420,1 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.126)$$

$$y_{815} = y_{87} = 386,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.127)$$

$$y_{816} = y_{86} = 345,3 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.128)$$

$$y_{817} = y_{85} = 297,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.129)$$

$$y_{818} = y_{84} = 246,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.130)$$

$$y_{819} = y_{83} = 188,2 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.131)$$

$$y_{820} = y_{82} = 130 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.132)$$

Обчислимо центр ваги перетину відносно осі У-У за формулою (1.79)**Ошибка! Источник ссылки не найден.:**

$$\begin{aligned} y_c = & \frac{10,75 \cdot 107,5 + 9,2 \cdot 20 + 126,7 \cdot 162,8 + 12,35 \cdot 600,1 + 8,075 \cdot 33,58 + 8,55 \cdot 407}{10,75 + 9,2 + 126,7 + 12,35 + 8,075 + 8,55 + 32,55 - 16,077} + \\ & + \frac{32,55 \cdot 272,1 + 16,077(71,84 + 130 \cdot 2 + 188,2 \cdot 2 + 244,6 \cdot 2 + 297,5 \cdot 2 + 345,3 \cdot 2}{+} \\ & + \frac{386,6 \cdot 2 + 420,1 \cdot 2 + 444,8 \cdot 2 + 459,9 \cdot 2 + 465)}{10^{-3}} = 204,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \end{aligned} \quad (1.133)$$

Момент інерції перетину відносно осі  $y_c$ —  $y_c$ :

$$I_y = (I_{y1} + a_1^2 F_1) + (I_{y2} + a_2^2 F_2) + (I_{y3} + a_3^2 F_3) + (I_{y4} + a_4^2 F_4) + (I_{y5} + a_5^2 F_5) + (I_{y6} + a_6^2 F_6) + (I_{y7} + a_7^2 F_7) - (I_{y8} + a_8^2 F_8) \quad (1.134)$$

Розрахуємо момент інерції для кожної ділянки.

Момент інерції для ділянки  $F_1$ :

$$I_{y1} = \frac{b_1 h_1^3}{12} = \frac{50 \cdot 215^3}{12} 10^{-12} = 41,41 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 \quad (1.135)$$

Момент інерції для ділянки  $F_2$ :

$$I_{y2} = \frac{b_2 h_2^3}{12} = \frac{230 \cdot 40^3}{12} 10^{-12} = 1,23 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 \quad (1.136)$$

Момент інерції для ділянки  $F_3$ :

$$I_{y3} = \frac{R^4 - r^4}{8} \left( 2\gamma + \sin 2\gamma - \frac{32 \sin^2 \gamma}{9\gamma} \right) = \frac{380^4 - 280^4}{8} \left( 2 \cdot 1,919 + \sin^2 110^\circ - \frac{32 \sin^2 110^\circ}{9 \cdot 1,919} \right) = \frac{380^4 - 280^4}{8} \left( 2 \cdot 1,919 + (0,9397)^2 - \frac{32(0,9397)^2}{9 \cdot 1,919} \right) 10^{-12} = 2865,84 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4. \quad (1.137)$$

Момент інерції для ділянки  $F_4$ :

$$I_{y4} = \frac{h_4^3 (b_4'^3 + 4b_4' b_4 + b_4^2)}{36(b_4' + b_4)} = \frac{190^3 (55^3 + 4 \cdot 55 \cdot 75 + 75^2)}{36(55 + 75)} 10^{-12} = 56,81 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4. \quad (1.138)$$

Момент інерції ділянки  $F_5$  Так як елемент  $F_5$  по своїй формі є трапецією, яка нахилена під кутом  $45^\circ$  до осі  $U-U$ , зробимо заміну трапеції еквівалентним прямокутним перетином  $b_5 \times h_5 = 42,5 \times 190 \text{ м}^2$ .

Знайдемо момент інерції відносно осі  $U-U$  для еквівалентного перетину:

$$I_{y5} = \frac{b_5 h_5}{12} (h_5^2 \cos^2 45^\circ + b_5^2 \sin^2 45^\circ) = \frac{42,5 \cdot 190}{12} (190^2 (0,7071)^2 + 42,5^2 (0,7071)^2) 10^{-12} = 12,754 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4. \quad (1.139)$$

Момент інерції для ділянки  $F_6$ :

$$I_{y6} = \frac{b_6 h_6}{12} (h_6^2 \cos^2 \alpha + b_6^2 \sin^2 \alpha) = \frac{45 \cdot 190}{12} (190^2 (0,515)^2 + 45^2 (0,857)^2) 10^{-12} = 7,88 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4, \quad (1.140)$$

де  $\alpha$  – кут нахилу ребра до осі  $Y-Y$ .

Момент інерції для ділянки  $F_7$ :

$$I_{y7} = \frac{h_7^3 (b_7^2 + 4b_7 b_7' + b_7'^2)}{36(b_7' + b_7)} = \frac{310^3 (160^2 + 4 \cdot 160 \cdot 50 + 50^2)}{36(160 + 50)} 10^{-12} = 236,83 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 \quad (1.141)$$

Момент інерції для ділянки  $F_8$ :

$$I_{y8} = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 32^4}{64} 10^{-12} = 0,0514 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 \quad (1.142)$$

Визначаємо величини  $a_i - a_8$ :

$$a_i = y_c - y_i \quad (1.143)$$

де  $y_c$  – координата центра ваги всього перетину відносно осі  $Y-Y$ ;

$y_i$  – відстань від центра ваги кожної ділянки до осі  $Y-Y$ .

$$a_1 = y_c - y_1 = (204,6 - 107,5) 10^{-3} = 97,1 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.144)$$

$$a_2 = y_c - y_2 = (204,6 - 20) 10^{-3} = 184,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.145)$$

$$a_3 = y_c - y_3 = (204,6 - 162,8)10^{-3} = 41,8 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.146)$$

$$a_4 = y_c - y_4 = (204,6 - 600,1)10^{-3} = -395,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.147)$$

$$a_5 = y_c - y_5 = (204,6 - 33,58)10^{-3} = 171,02 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad (1.148)$$

$$a_6 = y_c - y_6 = (204,6 - 407)10^{-3} = -202,4 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.149)$$

$$a_7 = y_c - y_7 = (204,6 - 272,1)10^{-3} = -67,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad (1.150)$$

$$\begin{aligned} a_8 = \sum_{i=1}^{20} y_c - y_{8i} = & [(204,6 - 71,84) + (204,6 - 130)2 + (204,6 - 188,2)2 + \\ & + (204,6 - 244,6)2 + (204,6 - 297,5)2 + (204,6 - 345,3)2 + (204,6 - 386,6)2 + \\ & + (204,6 - 420,1)2 + (204,6 - 444,8)2 + (204,6 - 459,9)2 + (204,6 - 465)]10^{-3} = \\ & = -1687 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \end{aligned} \quad (1.151)$$

За формулою розрахуємо сумарний момент інерції відносно осі  $y_c - y_c$ :

$$\begin{aligned} I_y = & (41,41 + 91,7^2 \cdot 10,75)10^{-3} + (1,23 + 184,6^2 \cdot 9,2)10^{-3} + \\ & (2865,84 + 41,8^2 \cdot 126,7)10^{-3} + (36,81 + (-395,5)^2 \cdot 12,35)10^{-3} + \\ & + (12,754 + 171,02^2 \cdot 8,075)10^{-3} + (7,88 + (-202,4)^2 \cdot 8,55)10^{-3} + \\ & + (236,83 + (-67,5)^2 \cdot 32,55)10^{-3} - (0,0514 + (-1687)^2 \cdot 16,077)10^{-3} = 5975,36 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4. \end{aligned} \quad (1.152)$$

Напруження вигину, що виникає в крайніх точках перетину:

$$\sigma_{виг} = \frac{M_{виг}}{I_y} \rho \quad (1.8.63)$$

де  $M_{виг}$  – вигинаючий момент, що діє в перетині;

$\rho$  – відстань від центру ваги перетину до найбільш віддалених точок;

$$\rho_1 = 0,2046 \text{ м, } \rho_2 = 0,3054.$$

Максимальне колове зусилля, що діє на ротор:

$$P = \frac{M_{pot}}{R_{pot}} = \frac{200529}{0,277} = 785920 \text{ кН.} \quad (1.154)$$

Вигинаючий момент, що діє на камеру:

$$M_{изг} = P \frac{l}{4} = 785920 \frac{0,88}{4} = 172902 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (1.155)$$

де  $l$  – довжина змішувальної камери.

Напруження вигину в верхніх розтягнутих волокнах:

$$\sigma_{изг} = \frac{172902}{5975,36 \cdot 10^{-6}} 0,305 = 8,8 \text{ МПа} \quad (1.156)$$

Напруження вигину в нижніх розтягнутих волокнах:

$$\sigma'_{изг} = \frac{172902}{5975,36 \cdot 10^{-6}} 0,205 = 6 \text{ МПа} \quad (1.157)$$

$$\sigma_{изг} < [\sigma]$$

$$\sigma'_{изг} < [\sigma].$$

Умова міцності виконується.

Висновок: в ході розрахунку півкамери на вигин було визначено напруження, що виникає під час роботи змішувача в змішувальній камері від дії вигинаючого моменту. Розрахункові значення напруження не перевищує допустиме значення, що забезпечує надійність та міцність конструкції.

## ВИСНОВКИ

В даному розділі дипломного проекту були виконані розрахунки, які підтверджують працездатність гумозмішувача. Було проведено розрахунки потужності привода гумозмішувача. В ході теплового розрахунку було визначене кількість теплоти, яка відводиться.

В ході розрахунків, що підтверджують надійність були визначені напруження у всіх небезпечних перерізах роторів, перевірені умови міцності. За допомогою програми ANSYS 2018 виконані розрахунки на жорсткість важеля вивантаження, які показали що всі допустимі напруження важіль витримує. За результатами даного розрахунку був виконаний плакат.